



Kompetenznetzwerk
automatisierte und
vernetzte Mobilität
innocam.NRW

Veröffentlichungsdatum

23.12.2022

Studie

Akzeptanz automatisierter und vernetzter Mobilität - eine Übersicht

Autor*innen: Johannes Marasek; Matthias Winkler; Ariane
Wilhelm; Jun.-Prof. Dr. habil. Stefan Brandenburg
Johannes Gutenberg-Universität Mainz

in Auftrag gegeben durch das Kompetenznetzwerk
automatisierte und vernetzte Mobilität innocam.NRW

Gefördert durch
Ministerium für Umwelt,
Naturschutz und Verkehr
des Landes Nordrhein-Westfalen





Inhaltsverzeichnis

1	Zielsetzung	3
2	Akzeptanz automatisierter und vernetzter Mobilität	4
2.1	Methoden zur Erhebung von Akzeptanz	5
3	Methodisches Vorgehen	6
4	Bisherige Forschung und Forschungsbedarfe nach Verkehrsträger	7
4.1	Verkehrsträger Straße	8
4.2	Verkehrsträger Schiene	13
4.3	Verkehrsträger Luft	16
4.4	Verkehrsträger Wasser	20
5	Zusammenfassende Betrachtung der Übereinstimmungen und Widersprüche der Studien	22
5.1	Forschungsstände und -bedarfe für den Verkehrsträger Straße	23
5.2	Forschungsstände und -bedarfe für den Verkehrsträger Schiene	23
5.3	Forschungsstände und -bedarfe für den Verkehrsträger Luft	24
5.4	Forschungsstände und -bedarfe für den Verkehrsträger Wasser	25
6	Management Summary	25
7	Anhänge	26
7.1	Vollständige Liste der verwendeten Schlüsselworte	26
7.2	Tabellarische Übersicht über die berücksichtigten Studien	27
7.3	Zusätzliche Quellen für Studien und Publikationen	31
7.3.1	Arbeitsgruppen / Institute	31
7.3.2	Konferenzen	31
8	Literaturverzeichnis	31

1 Zielsetzung

Die vorliegende Arbeit gibt eine Übersicht über die Forschungsliteratur zum Thema Akzeptanz automatisierter und vernetzter Mobilität (AVM). Unter automatisierter Mobilität werden Mobilitätsangebote verstanden, die die Fahraufgabe für die Fahrenden mindestens für einen bestimmten Zeitraum und/oder eine fest definierte Fahraufgabe übernehmen. Die vernetzte Mobilität beschreibt die Vernetzung von Fahrzeugen untereinander (Vehicle-to-Vehicle, V2V) und die Vernetzung von Fahrzeugen mit der Infrastruktur (Vehicle-to-Infrastructure, V2I). Automatisierung und Vernetzung gehen mit Erwartungen einher, dass sie das Mobilitätsangebot verbessern und den Verkehr sauberer, sicherer und effizienter machen. Darüber hinaus bieten sie Chancen für ein intelligentes Verkehrsmanagement. Damit die antizipierten Vorteile dieser Technologien genutzt werden können, müssen sie von unterschiedlichen Gruppen von Stakeholdern akzeptiert werden. Der vorliegende Literaturüberblick betrachtet die Akzeptanz automatisierter und vernetzter Mobilitätsangebote für die vier Verkehrsträger Straße, Schiene, Wasser und Luft. **Sein übergeordnetes Ziel ist es, den aktuellen Stand des Wissens und der Forschung zur Akzeptanz von AVM für die vier genannten Verkehrsträger zu skizzieren und zukünftige Forschungsbedarfe herauszuarbeiten.**

Für die Verkehrsträger Straße und Schiene wurden Taxonomien zur Bestimmung des Automatisierungsgrades von Mobilitätsangeboten erstellt. Für den Verkehrsträger Straße definiert die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) fünf Stufen der Fahrzeugautomatisierung (siehe Tabelle 1) (Gasser et al., 2012). Auf internationaler Ebene wird eine vergleichbare Unterteilung von der amerikanischen Vereinigung der Ingenieure (SAE) benutzt. Sie beschreibt in ihrer aktuellen, revidierten Fassung von 2021 sechs Stufen (siehe Tabelle 1) (SAE, 2021).

Tabelle 1. Gegenüberstellung der deutschen (BASt) und der internationalen (SAE) Klassifikationen der Automatisierungsgrade von Straßenfahrzeugen.

BASt	SAE
0) Keine Automation	0) Keine Automation
1) Fahrassistenzsysteme	1) Fahrassistenzsysteme
2) Teilautomatisierung	2) Teilautomatisierung
3) Hochautomatisierung	3) Bedingte Automatisierung
4) Vollautomatisierung	4) Hohe Automatisierung
	5) Vollautomatisierung

Beide Einteilungen dienen hauptsächlich der Beschreibung der Rollen von Fahrenden und ihren Fahrzeugen bei der Fahrzeugführung. Darüber hinaus sind sie eine Grundlage für die Kommunikation, die Auslegung der Automation und die Gesetzgebung. In der aktuellen Akzeptanzforschung werden schwerpunktmäßig die Automatisierungsstufen 2 (BASt) und 3 (SAE) untersucht, wenn es um Fahrzeuge geht, die zurzeit in den Straßenverkehr eingeführt werden. Ein weiterer Forschungsschwerpunkt bildet sich hinsichtlich der Akzeptanz vollautomatisierter Fahrzeuge ohne Fahrzeugführenden heraus (Stufe 4 nach BASt und 5 nach SAE (2021)). Im Folgenden wird die Klassifizierung nach SAE verwendet.

Für den Schienenverkehr wurde ebenfalls eine Taxonomie für die Bestimmung von Automatisierungsgraden aufgestellt. Hier bewegen sich die Stufen (Grades of Automation, GoA) von 0 (manuelles Fahren), über 1 (Teilautomatisierung), 2 (Halbautomatisierung), 3 (Vollautomatisiert, Fahrerlos) bis 4 (Vollautomatisiert, unüberwacht) (Alstom, 2022). In der Literatur zur Akzeptanz automatisierter Systeme werden hauptsächlich die Automatisierungsgrade

3 für den Nah- und Fernverkehr der Zukunft und 4 für einzelne lokale Lösungen wie automatisierte, fahrerlose UBahnen betrachtet. Im Bereich Luft- und Seeverkehr ist bisher keine einheitliche Taxonomie verbreitet.

Nachfolgend wird in Kapitel 2 zunächst auf eine Auswahl theoretischer Modelle zur Akzeptanz eingegangen. Im zweiten Teil dieses Kapitels werden verschiedene Methoden zur Erfassung von Akzeptanz vorgestellt. In Kapitel 3 folgt die Übersicht über das methodische Vorgehen bei der Literaturrecherche. Kapitel 4 widmet sich der Darstellung der berücksichtigten Arbeiten, der Herausarbeitung des aktuellen Forschungsstandes der jeweiligen Verkehrsträger sowie dem Aufzeigen von Limitationen und bestehendem Forschungsbedarf.

2 Akzeptanz automatisierter und vernetzter Mobilität

Die Forschung im Bereich Akzeptanz von Technologien hat zahlreiche Definitionen des Konzepts und theoretische Modelle zu seiner Messung hervorgebracht. Zu den sehr bekannten und einflussreichen Modellen gehören das Technologieakzeptanzmodell (TAM) von Davis (1986), seine Weiterentwicklung (TAM2, Venkatesh & Davis, 2000) sowie die ursprüngliche Version der Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT, Venkatesh et al., 2003) und dessen Erweiterung (UTAUT2, Venkatesh et al., 2012).

Das TAM (Davis, 1986) ermöglicht eine Abschätzung der Akzeptanz neuer Systeme basierend auf ihren Eigenschaften (design features) im Arbeitskontext. Diese Systemeigenschaften bedingen die „wahrgenommene Nützlichkeit“ (perceived usefulness) der Nutzenden, die als subjektiv empfundener Grad der Verbesserung der Leistung definiert ist. Weiterhin beeinflussen sie die „wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit“ (perceived ease of use), die als subjektiv empfundener Grad der Einfachheit in der Nutzung definiert ist. Beide Variablen sind entscheidend für die Intention bzgl. der Nutzung von Technologien. Die Nutzungsintention hat dann einen Einfluss auf die tatsächliche Nutzung der Technologie. Um die theoretische Genauigkeit zu erhöhen und die eingeschränkte Anwendbarkeit auf den Arbeitskontext zu erweitern, wurde das TAM überarbeitet.

Beim TAM2 wurden die vorher zu Systemeigenschaften zusammengefassten Variablen reformuliert (Venkatesh & Davis, 2000). Dabei werden nun auch soziale und kognitiv-instrumentelle Variablen, die sich auf die wahrgenommene Nützlichkeit und die Nutzungsintention auswirken, berücksichtigt.

Das UTAUT (Venkatesh et al., 2003) fasst mehrere Akzeptanzmodelle zusammen und wurde generiert, um die Nutzung neuer Technologien innerhalb einer Organisation, nicht aber für private Nutzende zu evaluieren. Das Modell stützt sich auf die Faktoren „Erwartete Leistung“, „Wahrgenommener Aufwand“, „Sozialer Einfluss“ und „Erleichternde Umstände“. Die Faktoren „Erwartete Leistung“ und „Wahrgenommener Aufwand“ entsprechen dabei den Faktoren „Wahrgenommene Nützlichkeit“ und „Erwartete Benutzerfreundlichkeit“ aus dem TAM. Die genannten vier Faktoren des UTAUT wirken sich auf die Nutzungsintention aus. Dieser Einfluss wird dabei durch die Variablen „Geschlecht“, „Alter“, „Erfahrung“ und „Freiwilligkeit der Nutzung“ moderiert.

Die Erweiterung des Modells zum UTAUT2 (Venkatesh et al., 2012) addiert Faktoren, die für private Nutzende relevant sind. Dabei fügten Venkatesh et al. die Faktoren „Hedonistische Motivation“, „Verkaufspreis“ und „Nutzungsverhalten“ hinzu, die sich ebenfalls auf die Nutzungsintention auswirken und deren Einfluss durch die Faktoren „Alter“, „Geschlecht“ und „Nutzungserfahrung“ moderiert wird. Der Moderator „Freiwilligkeit der Nutzung“ fällt in diesem Modell weg. Das UTAUT2 ist zur besseren Verständlichkeit in Abbildung 1 dargestellt.

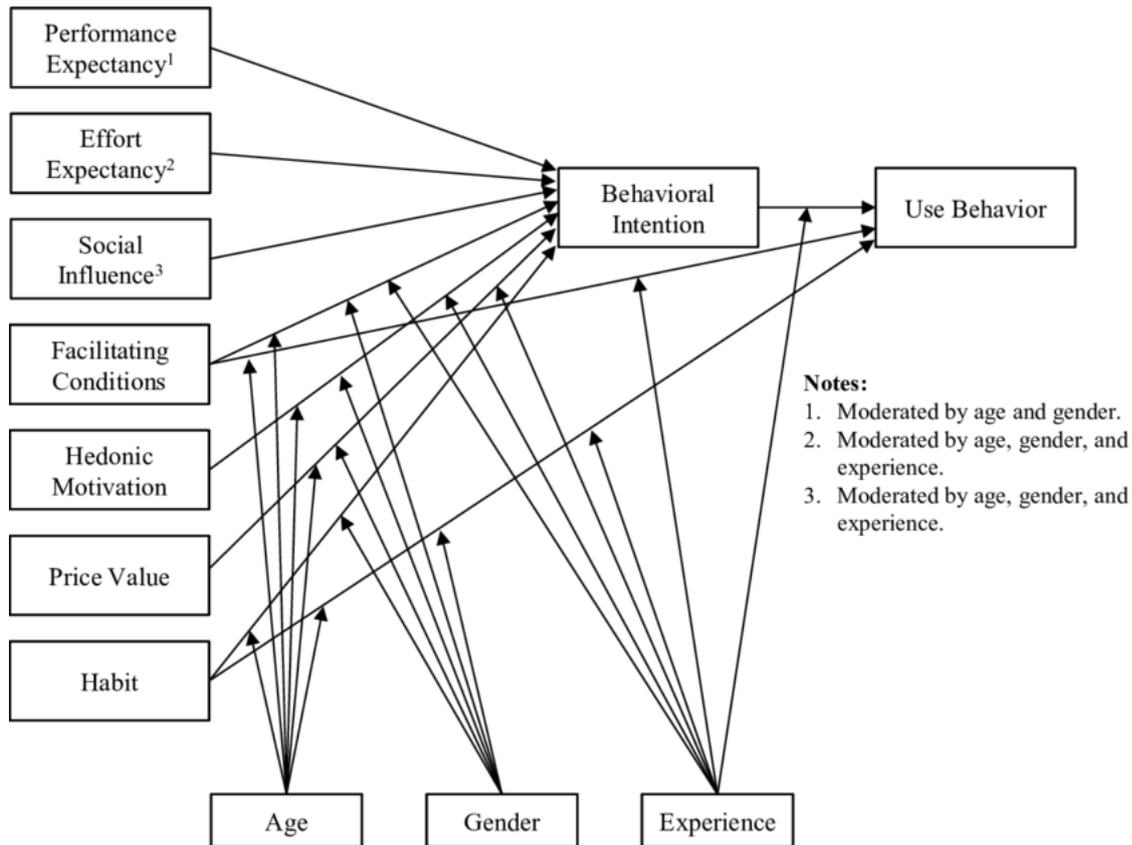


Abbildung 1. Das Unified Theories of Acceptance and Use of Technology 2 Modell (UTAUT2, Venkatesh et al., 2012)

Die Darstellung des UTAUT2 Modells in Abbildung 1 ist ein Beispiel dafür, dass moderne Akzeptanzmodelle komplex sind. Sie berücksichtigen Einflussvariablen wie bspw. Gewohnheiten, Alter und Geschlecht. Dies war bei einem der ersten Modelle, dem TAM (Davis, 1986), noch nicht der Fall. Weiterhin wird deutlich, dass den Modellen trotz hoher Komplexität dasselbe konzeptuelle Rahmenmodell zugrunde liegt. Eine Reihe von Einflussvariablen wie beispielsweise Systemcharakteristika und Erwartungen der Nutzenden beeinflussen die Intention, ein technisches System zu nutzen und diese Intention wiederum beeinflusst die tatsächliche Systemnutzung. Vereinfacht dargestellt, ist die Akzeptanz von Technologien damit operational durch die Nutzungsintention und/oder die tatsächliche Nutzung der Technologie definiert. Die Vielzahl existierender Modelle erschwert die übergreifende Erklärung der Entstehung und Beeinflussbarkeit der Technologieakzeptanz. Eine Zusammenführung dieser Modelle würde zu einem umfassenden Verständnis des Konstrukts führen. Es wäre eine Grundlage für dessen strukturierte und theoriegeleitete Untersuchung über alle vier Verkehrsträger hinweg. In der Literaturübersicht wird auch das methodische und theoretische Vorgehen von Akzeptanzstudien untersucht.

2.1 Methoden zur Erhebung von Akzeptanz

Bezüglich der Methoden der Akzeptanzforschung gibt es unterschiedliche Schwerpunkte je nach Verkehrsträger. Online-Umfragen mit teils sehr vielen Teilnehmenden und einer quantitativen Auswertung fanden bisher hauptsächlich für AVM im Bereich Straßenverkehr statt. Experimentelle Untersuchungen im Simulator, die quantitative und qualitative Daten erheben, werden sehr häufig für AVM in den Bereichen Straßen-, Luft- und teils auch beim Wasserverkehr genutzt. Akzeptanzerhebungen in Feldtests sind generell seltener als experimentelle

Ansätze und treten verstärkt im Bereich Straßenverkehr auf.

Eine wichtige methodische Unterscheidung betrifft die betrachteten Stichproben. Während für AVM im Bereich Straßenverkehr zumeist Privatpersonen als potenzielle Nutzende befragt werden, sind die Versuchspersonen in Akzeptanzstudien für AVM im Bereich Schienen-, Wasser- und Luftverkehr professionelle und lang ausgebildete Fachkräfte wie Piloten oder Navigationsoffiziere. Eine Einschätzung des Verhältnisses von untersuchten Privatpersonen zu Operateuren pro Verkehrsträger kann man auf Basis der Stichprobencharakteristika in Tabelle 3 (Anhang 7.2) bekommen. Die Weiterentwicklung von AVM für alle vier Verkehrsträger hin zu vollautomatischen Systemen ohne Überwachung eröffnet mittel- und langfristig einen großen Forschungsbereich der Akzeptanz dieser Technologien für andere Personen-Gruppen als professionelle Operateure.

3 Methodisches Vorgehen

Der Literaturüberblick wurde mit folgendem methodischen Ansatz erstellt. Zunächst wurden relevante Datenbanken für die Suche nach Studien identifiziert. Diese schlossen die Folgenden mit ein: Pubmed, ISI – Web of Science, PsychArticles, PSYCHINDEX, PSYCHINFO sowie die Webseite des amerikanischen Transportation Research Boards (TRB). Ergänzt wurden die Suchergebnisse durch gezieltes Nachsuchen (sekundäre Suchen) bei Fachkonferenzen aus den Bereichen Ingenieurwesen und Human Factors wie bspw. der Tagung zu Human Factors in der Schifffahrt, dem German Workshop on Rail Human Factors oder dem Annual Meeting of the HFES Europe Chapter Konferenz. Google Scholar wurde explizit nur eingesetzt, um die Ergebnisse der Datenbanksuche und der sekundären Suchen zu verifizieren. Abschließend wurden persönliche Kontakte der Autoren bspw. beim Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) genutzt, um weitere Literaturquellen zu erschließen.

Im Anschluss an die Spezifizierung der Datenbanken wurden relevante Schlüsselworte (Keywords) definiert, die einzeln und in Kombination für die Suche in den Datenbanken verwendet wurden. Diese schlossen u. a. die folgenden Begriffe mit ein: acceptance, automated vehicles, autonomous vehicles, vehicle to vehicle communication (V2V), vehicle to infrastructure communication (V2I), vernetzte Mobilität, connected mobility. Die vollständige Liste der Schlüsselworte kann in Anhang 7.1 nachgesehen werden.

Da diese Schlüsselworte den Suchraum in Datenbanken bereits einschränken, aber noch viele Studien ohne direkten Bezug zur Thematik einschließen, wurden weiterhin Einschlusskriterien definiert, die festlegen, wann die mit den genannten Stichworten erfassten Studien mit in die Literaturübersicht aufgenommen werden. Sie umfassen die folgenden Punkte:

- Studie aus dem deutschsprachigen Raum oder angrenzendem Ausland
- Studie im relevanten Zeitraum von 1995 bis 2022
- Zuordnung zu einem Verkehrsträger ist möglich
- Themenbereiche automatisierter Verkehr und/oder vernetzte Mobilität sind erkennbar
- Akzeptanz von Nutzenden wurde untersucht und weniger die von Außenstehenden oder weiteren Stakeholdern
- Mobilität von Menschen ist Thema der Arbeit und nicht die von Gütern

Diese Einschlusskriterien wurden um die nachfolgenden **Ausschlusskriterien** ergänzt:

- Keine empirische Untersuchung
- Methodik der Studie zweifelhaft oder nicht nachvollziehbar
- Konstrukt nicht oder nur unzureichend definiert
- Falsche oder nicht durch die Empirie gedeckte Schlussfolgerungen
- Mobilität von Gütern und nicht von Menschen im Fokus
- Ungenaue oder keine Zuordnung der Studie zu einem Verkehrsträger möglich

4 Bisherige Forschung und Forschungsbedarfe nach Verkehrsträger

Die Suche in den Datenbanken mittels der definierten Suchwörter erbrachte zahlreiche Treffer. Nach Anwendung der Ein- und Ausschlusskriterien verblieben 91 Studien in der engeren Auswahl. Tabelle 2 führt auf, wie sich diese Studien auf die Verkehrsträger und Dekaden verteilen.

Tabelle 2. Verteilung der Studien auf die Dekaden und Verkehrsträger.

	Gesamt	Straße	Schiene	Luft	Wasser
1995 – 2004	9	3	2	4	0
2005 – 2014	11	7	1	3	0
2015 – 2022	71	52	7	8	4
SUMME	91	62	10	15	4

Tabelle 2 zeigt bereits, dass die Anzahl der Arbeiten insbesondere in der letzten Dekade (2015 – 2022) stark angestiegen ist. Darüber hinaus wird deutlich, dass die meisten Akzeptanzstudien für den Verkehrsträger Straße durchgeführt wurden. Ein Grund dafür könnte sein, dass die großflächige Einführung von Fahrzeugen mit höheren Automatisierungsgraden (ab L2 nach SAE) in der letzten Dekade begonnen hat. Insbesondere im Bereich Luftfahrt ist diese breite Einführung der Automatisierung bereits in den 1980er Jahren passiert. In den Bereichen Schiene und Wasser sind bisher bedeutende Stakeholder wie bspw. Passagiere nicht in direkten Kontakt mit vollautomatisierten Systemen gekommen, da hier zurzeit die technischen Grundlagen für die Automatisierung von bspw. Personenfähren geschaffen werden. Für den Verkehrsträger Schiene werden gerade autonome (fahrerlose) Systeme für den Personennah- und Fernverkehr entwickelt. Automatisierte Lösungen für einzelne U-Bahnstrecken sind bereits in Betrieb. Bei diesen Systemen gibt es allerdings nur wenige Untersuchungen. Ein Rückschluss auf die Akzeptanz durch das Nutzungsverhalten ist hier schwierig, da bei den vollautomatisierten Systemen den Fahrgästen keine Nutzungsalternative geboten wird. Für den Verkehrsträger Luft sind autonome Systeme wie bspw. Flugtaxis noch in sehr frühen Stadien der Entwicklung. Für alle drei Bereiche ist ein deutlicher Anstieg des Forschungsbedarfs zu erwarten, wenn die vollautomatisierten Systeme vor ihrer Dissemination in die Alltagsmobilität stehen. Von den in Tabelle 2 gelisteten Studien wurden insgesamt 37 in die Analyse des Forschungsstandes übernommen. Um zu entscheiden, ob eine Arbeit im Überblicksbeitrag berücksichtigt wird, wurden die folgenden Qualitätskriterien angewendet:

- 1) Definitionen des Akzeptanzbegriffs und weiterer relevanter Konstrukte wie Unabhängige und Abhängige Variablen sind erkennbar und idealerweise theoriebasiert operationalisiert.
- 2) Ein Peer-Review ist vorhanden.
- 3) Es handelt sich um eine empirische Arbeit.
- 4) Zuordnung zu einem Verkehrsträger ist möglich.

Anhang 7.2 führt alle berücksichtigten Studien tabellarisch auf. Hier sind ebenfalls Einzelheiten der Studien wie bspw. Stichprobencharakteristika aufgelistet. In den nachfolgenden Abschnitten werden die einzelnen Studien den Verkehrsträgern zugeordnet und zusammenfassend beschrieben. Ziel eines jeden Abschnitts ist es, den Stand der Akzeptanzforschung für die verschiedenen Verkehrsmittel zu skizzieren und damit die Grundlage für die Ableitung von Forschungsbedarfen zu schaffen.

4.1 Verkehrsträger Straße

Für den Verkehrsträger Straße sind insbesondere in der vergangenen Dekade sehr viele Arbeiten zur Akzeptanz automatisierter Fahrzeuge erschienen. Methodisch handelt es sich dabei zumeist um Online-Umfragen mit teils sehr großen Stichproben, experimentellen Studien im Fahrsimulator oder Kombinationen von beidem. Vereinzelt sind auch Erprobungen im Feld erfolgt.

So zeigten beispielsweise **Umfragen** zur Akzeptanz von AVM im Bereich Straßenverkehr, dass sich ein großer Anteil der Befragten vorstellen kann, automatisierte Fahrzeuge zu nutzen. In der Online-Studie von **Payre et al. (2014)** gaben z. B. 68 % der Teilnehmenden an, Fahrzeugautomation gebrauchen zu wollen. Im Detail wollten die Fahrenden die Kontrolle auf monotonen Fahrtstrecken, z. B. Autobahnen, oder in stressigen Situationen, z. B. Staufahrten, besonders gern an eine Automation abgeben. Einschränkend gaben Payre et al. (2014) an, dass die Erfahrung mit automatisierten Fahrzeugen in der Realität die in der Online-Umfrage erhobenen Einstellungen der Befragten vermutlich ändert.

Eine weitere Umfrage von **Fraedrich et al. (2016)** führte zu vergleichbaren Ergebnissen. Hier gaben die Teilnehmenden an, dass sie eine mögliche Fahrzeugautomatisierung bevorzugt auf längeren Autobahnfahrten (45 %) und beim Einparken im städtischen Verkehr (43 % der Befragten) nutzen wollen würden. Die Teilnehmenden von Fraedrich et al. (2016) berichteten weiterhin, dass sie die Automatisierung eher für die longitudinale und weniger für die laterale Steuerung des Fahrzeugs benutzen würden.

Nordhoff et al. (2018) führten eine **internationale Online-Befragung** zur Akzeptanz von autonomen L5-Fahrzeugen, also fahrerlosen Fahrzeugen, durch. Untersucht wurden die Daten von 10.000 Proband*innen aus 116 Ländern, die einen Fragebogen mit 94 Items ausfüllten. Nach einem Einführungstext zu einem elektrischen selbstfahrenden Shuttle-Kleinbus und je einem Bild zur Innen- und Außenansicht folgte die Beantwortung der Fragen. Das Durchschnittsalter der berücksichtigten 7.755 Proband*innen (68,8 % weiblich) lag bei 32,49 Jahren. Die Ergebnisse zeigten, dass die Zusammenhänge zwischen der Akzeptanz und den soziodemographischen Variablen der Teilnehmenden gering waren. Dagegen zeigte sich, dass Personen aus Ländern mit geringerem Bruttoinlandsprodukt eine höhere Akzeptanz automatisierter Fahrzeuge aufwiesen. Insgesamt gaben die Befragten im Durchschnitt an, Interesse an einer Fahrt in einem autonomen Fahrzeug zu haben. Die Autor*innen untersuchten weiterhin, ob sich die Akzeptanz autonomer Fahrzeuge eventuell durch allgemeine Einstellungen gegenüber neuen Technologien erklären ließen. Sie konnten zeigen, dass sich die Ratings der Befragten gut durch eine generelle Akzeptanzkomponente erklären ließen. Dies ist ein latenter Faktor, der sich von anderen Einflussvariablen wie ökonomischen Gegebenheiten oder der Aufgeschlossenheit gegenüber neuen Technologien unterscheidet. Die bedeutendsten Elemente dieser generellen Akzeptanzkomponente waren diejenigen, die die Nützlichkeit der Technologie thematisierten, gefolgt von Items aus den Bereichen Nutzungsintention, Bedienbarkeit, Komfort, Vertrauen in autonome Technologie sowie Wissen um aktuelle Entwicklung im Bereich der Verkehrstechnologie. Die Autor*innen schließen aus diesen Ergebnissen, dass für die Frage der Akzeptanz bereichsspezifische Einstellungen größere Relevanz haben als soziodemographische Faktoren.

Die Methode der **non-reaktiven Beobachtung** wählten **Fraedrich und Lenz (2014)**. Sie analysierten 636 Kommentare zu Artikeln in deutschen und amerikanischen Online-Zeitungen, die sich mit automatisierten Fahrzeugen beschäftigten. Nach dem Sammeln der Kommentare wurden diese zunächst in Kategorien unterteilt und nach Wichtigkeit und Inhalt geordnet. Die Hauptkategorien bestanden u. a. aus wahrgenommenen Besonderheiten automatisierter Fahrzeuge, rechtlichen Aspekten, Erwartungen und der Nutzungsintention. Als positive Aspekte wurden die erwartete Sicherheit, Zuverlässigkeit, Flexibilität und Komfort der Fahrzeuge genannt. Negative Aspekte beschäftigten sich bspw. mit dem erwarteten Verlust von

Freiheit und Kontrolle beim Fahren. Die Kommentare zu Artikeln aus US-Zeitungen waren dabei auch politisch geprägt, während die deutschen Kommentare eher positive Aspekte automatisierter Fahrzeuge hervorhoben. Die Ergebnisse der Untersuchung sind dahingehend limitiert, dass nur Informationen von Personen einfließen, die ihre Ansichten in Kommentarspalten in Online-Zeitungen teilen. Den Personen ist bewusst, dass der Inhalt ihrer Kommentare öffentlich einsehbar ist. Ein Vorteil dieser Methode ist, dass mit ihr auch Informationen von Personen erfasst werden können, die möglicherweise nicht aktiv an Online-Umfragen teilnehmen. Die Autor*innen berichten keine demographischen Informationen zur näheren Beschreibung der Stichprobe. Daher kann kein Rückschluss auf die Generalisierbarkeit der Ergebnisse gezogen werden.

Im Rahmen eines [Fahrsimulationsexperiments](#) untersuchten **Werneke et al. (2014)** die Akzeptanz der Fahrer*innen eines Autos mit automatischem Kollisions-Warnsystem. Das Warnsystem basierte auf einer V2V-Vernetzung mit zwei Stufen: Die erste Stufe informierte die Fahrer*innen über potentielle Gefahrensituationen mittels eines Bildschirms. Die zweite Stufe warnte sie vor der Gefahrensituation mittels Bildschirm und Signalton. Die Untersuchung fand in einem Fahrsimulator mit den zulässigen Maximalgeschwindigkeiten in der Innenstadt (50 km/h), Landstraße (100 km/h) und Autobahn (130 km/h) statt. Die Stichprobe bestand aus 24 Proband*innen (11 weiblich) mit einem mittleren Alter von 29,1 Jahren. Die Fahrerfahrung betrug durchschnittlich 11,3 Jahre. Die Ergebnisse der Untersuchung zeigten u. a., dass das Timing der Warnung und die Interaktion von Timing und Warnstufe einen Einfluss darauf haben, für wie hilfreich und akzeptabel das Warnsystem empfunden wurde. Das optimale Timing wurde als am hilfreichsten für beide Warnstufen bewertet. Die Untersuchung zeigt somit beispielhaft auf, wie stark die Details der Auslegung einer Fahrzeugautomation die Bewertung der Fahrer*innen beeinflusst. Durch den Einsatz eines Fahrsimulators lassen sich die Ergebnisse möglicherweise nur eingeschränkt auf reale Verkehrssituationen übertragen. Ebenso sind die Ergebnisse u. U. eher in Richtung junger Fahrer*innen verzerrt, sodass die Akzeptanz bzw. der Nutzen solcher Systeme bei älteren Fahrer*innen, die mehr Fahrerfahrung haben, anders ausfallen könnte.

In einer weiteren [Fahrsimulationsstudie](#) erfassten **Körber et al. (2018)** das Vertrauen in automatisierte Fahrzeuge und die Akzeptanz dieser von Fahrer*innen, wenn diese den Grund für die Anfrage zur Übernahme der Fahrzeugkontrolle in Übernahme-situationen mitgeteilt bekommen. 40 Proband*innen (20 weiblich) zwischen 21 und 30 Jahren (mittleres Alter von 25,2 Jahren) nahmen teil. Im Durchschnitt besaßen sie seit 7,4 Jahren einen Führerschein. Alle Versuchsfahrten wurden in einem L3-Fahrzeug mit Head-up Display und 120 km/h Geschwindigkeit für 30 Sekunden simuliert. Erfasst wurde das Vertrauen, die Akzeptanz und das Verständnis hinsichtlich der Übernahmeaufforderung. Die Ergebnisse der Untersuchung zeigten, dass der Grund der Übernahmeaufforderung durch das Fahrzeug (Baustelle, fehlende Fahrbahnmarkierung, fehlende GPS-Daten) keinen Einfluss auf die Akzeptanz des getesteten Systems hatte. Allerdings verstanden die Personen mit vorheriger Erklärung des Systems die Gründe für die Übernahme besser. Die Arbeit konzentrierte sich primär auf den Kontext der Übernahmeaufforderungen, daher sollten ihre Ergebnisse hinsichtlich der Akzeptanz auf diesen zentralen Aspekt von L3-Fahrzeugen interpretiert werden.

In einer Kombination von [Fahrsimulatorstudie und Befragung](#) fanden **Kühn et al. (2017)** heraus, dass die Proband*innen automatisierte Fahrzeuge bei guten Wetter- und Straßenbedingungen auf der Autobahn fahren und eine kontinuierliche Rückmeldung über den Status des Fahrzeugs erhalten wollen. Außerdem müssen diese Systeme reliabel funktionieren und, wenn nötig, in einen risikominimalen Zustand gehen, wenn sie ihre Systemgrenzen erreichen. **Buckley et al. (2018)** kombinierten eine [Fahrsimulationsstudie](#) ebenfalls mit einer [Befragung](#), in der sie u. a. Elemente der Theorie des geplanten Verhaltens und das Konstrukt des Vertrauens in die Automation nach der simulierten Fahrt erfragten. Ein Hauptergebnis ihrer Stu-

die war, dass die wahrgenommene Verhaltenskontrolle der Teilnehmenden und das Automationsvertrauen signifikant die Nutzungsintention bezüglich automatisierter Fahrzeuge vorhersagten. Die Autor*innen gaben an, dass sich die Einschätzungen der Proband*innen mit hoher Wahrscheinlichkeit durch die Erfahrung mit einem derartigen System verändern werden. Sie schlussfolgern daher, dass mehr Studien im Straßenverkehr notwendig sind, um die Ergebnisse aus Befragungen und experimentellen Studien zu validieren (Buckley et al., 2018). Die große Bedeutung des Vertrauens in die Fahrzeugautomatisierung und der Stellenwert der Erfahrung mit derartigen Systemen in realen Fahrsituationen werden immer wieder in Untersuchungen betont (Buckley et al., 2018; Payre et al., 2014).

Dass das Vertrauen in die Automation eine große, möglicherweise moderierende Rolle für die Akzeptanz spielt, fanden auch **Schrauth et al. (2021)**. In dieser Untersuchung wurde die Akzeptanz automatisierter Fahrzeuge nicht im Hinblick auf die eigene Nutzung erfragt, sondern aus Sicht anderer Verkehrsteilnehmender. In ihrer **Online-Umfrage** wurden 5827 Personen aus Europa, Australien und den USA befragt. Erneut zeigte sich eine mittlere bis hohe Akzeptanz von Fahrzeugen, die in bestimmten Situationen automatisiert fahren (SAE Level 3). Auf einer 5-stufigen Likert-Skala (1 = max. Ablehnung; 5 = max. Akzeptanz), ergab sich ein Mittelwert von 3,12. Rund 44,7 % der Befragten erwarteten eine einfache Kommunikation mit automatisierten Fahrzeugen, dagegen waren 27,1 % der Meinung, dass dies nicht zu erwarten sei. Rund 47,1 % stimmten zu, dass autonome Fahrzeuge die Verkehrssicherheit erhöhen würden, 23,2 % glaubten dies nicht. 39,7 % der Befragten erwarteten Probleme in der künftigen Nutzung, 30,1 % machten sich diesbezüglich keine Sorgen. Weiterhin waren die Konstrukte Akzeptanz, Vertrauen und die individuelle Offenheit für Innovationen eng miteinander verbunden. Der Vergleich der Akzeptanz automatisierter Fahrzeuge bei unterschiedlichen Verkehrsteilnehmenden zeigte, dass Fahrende motorisierter Zweiradfahrzeuge im Mittel die höchste Akzeptanz aufwiesen. Darauf folgten die Auto- und Radfahrenden. Schlusslicht bildeten die Fußgänger*innen. Möglicherweise ist dies auf die höhere Verwundbarkeit dieser Gruppen im Straßenverkehr zurückzuführen. Hervorzuheben ist an dieser Stelle auch, dass die Befragten aus Deutschland (n = 866) eine mittlere Akzeptanz von 2,97 aufwiesen, welche etwas unterhalb des Gesamtmittelwertes der Stichprobe von 3,12 lag. Die Ergebnisse zeigen u. a., dass die Akzeptanz von AVM noch nicht einheitlich hoch ist, sondern von der jeweiligen Perspektive unterschiedlicher Verkehrsteilnehmender abhängt.

Nastjuk et al. (2020) widmen sich in ihrer Arbeit verschiedenen mit Akzeptanz zusammenhängenden Faktoren im Kontext des vollautomatisierten Fahrens. Ihrer Studie mit 316 Versuchspersonen lag das TAM zugrunde. Die Autor*innen untersuchten zunächst eine kleine Gruppe von 20 Personen mit **semistrukturierten Interviews**, um eventuelle Lücken im TAM zu bestimmen. Die Ergebnisse der Untersuchung zeigten, dass eine positivere Einstellung zum automatisierten Fahren positiv mit der Nutzungsintention zusammenhing. Höhere Werte bei der subjektiven Nützlichkeit und Bedienbarkeit hingen positiv mit der allgemeinen Einstellung zum autonomen Fahren zusammen. Weiterhin führte höheres Vertrauen in die Technologie zu höherer Nutzungsintention. Höhere persönliche Innovativität ging mit höher eingeschätzter Nützlichkeit und Bedienbarkeit einher. Die ökologische Wahrnehmung, das Verlangen nach Kontrolle und Sorgen bezüglich der Privatsphäre zeigten keine signifikanten Zusammenhänge mit Einstellungen oder Nutzungsintention. Weiterhin führte eine höhere Einschätzung der Vorteile von autonomem Fahren zu einer höher eingeschätzten Nützlichkeit und einer allgemein positiveren Einstellung. Eine höhere wahrgenommene Kompatibilität von autonomem Fahren mit den Mobilitätsbedürfnissen der Befragten führte ebenfalls zu höheren Nützlichkeits-, Akzeptanz- und Nutzungsintentionsbewertungen. Außerdem gab es einen positiven Zusammenhang von Kosteneinschätzung und Nutzungsintention. Relevant für diese Ergebnisse ist, dass die Versuchspersonen sich bei der Befragung vollautomatisierte L5-Fahrzeuge vorstellten.

Eine Herausforderung für die Akzeptanzforschung bei AVM ist die aktuell noch geringe Verbreitung dieser Fahrzeuge. Auch wenn mittlerweile L3-Fahrzeuge im regulären Handel erworben werden können, haben wenige Personen bisher Erfahrungen mit ihnen sammeln können. In der Forschung wird daher in vielen Fällen auf hypothetische Beschreibungen dieser Fahrzeuge oder experimentelle Demonstratoren zurückgegriffen. Anders in einer Studie von **Zoellick et al. (2019)**, für die Personen befragt wurden, nachdem sie durch eine kurze Fahrt in einem Kleinbus der SAE Automatisierungsstufe 4 **Nutzungserfahrung** sammeln konnten. Untersucht wurden moderierende Effekte von Einstellungen auf den Zusammenhang von Geschlecht und Alter mit der Nutzungsabsicht. Beobachtet wurde ein enger Zusammenhang von Akzeptanz, wahrgenommener Sicherheit, Vertrauen und der Nutzungsabsicht. Als stärkster Prädiktor für die Nutzungsabsicht stach die Akzeptanz hervor, gefolgt von wahrgenommener Sicherheit und dem Alter der Befragten.

In einem ähnlichen Versuchsaufbau – Proband*innen wurden nach einer kurzen Fahrt in einem automatisierten Kleinbus befragt – untersuchten **Nordhoff et al. (2021)** die Einstellungen der Versuchspersonen und deren Auswirkungen auf die Nutzungsabsicht. Sie fanden, dass die eingeschätzte Kompatibilität des automatisierten Fahrzeugs mit persönlichen Routinen, Notwendigkeiten und Werten die beste Vorhersage für die Nutzungsabsicht aufwies. Weitere wichtige Vorhersagevariablen waren das Vertrauen in das Fahrzeug sowie die Bereitschaft, ein solches Fahrzeug mit anderen Passagieren zu teilen.

Die Akzeptanz von Fahrzeugautomation wurde bisher ebenfalls im Bereich der Berufskraftfahrenden erhoben. Hier untersuchten bspw. **Castritius et al. (2020)** die Akzeptanz von teilautomatisierten Lkw-Zügen **im Feld** (auch Platooning). Beim Platooning fahren mehrere Lkw in Reihe. Der vordere Lkw wird manuell gesteuert, während die anderen automatisiert folgen. Zunächst wurde anhand des theoretischen TAM2-Modells ein **Fragebogen** mit Lkw-Fahrer*innen zur Akzeptanz von Platooning entwickelt. Im nächsten Schritt wurden mit zehn Lkw-Fahrer*innen ohne Erfahrung mit Platooning Interviews durchgeführt und besagter Fragebogen ausgefüllt. Dieser umfasste Fragen zum wahrgenommenen persönlichen und allgemeinen Nutzen, der Nutzerfreundlichkeit, dem beruflichen Status bei Nutzung, Fahrsicherheit und Absicht zur Verwendung. Die Proband*innen durchliefen als nächstes ein Platooning-Training und sammelten Praxiserfahrung. Abschließend wurde erneut der Fragebogen zur Akzeptanz von Platooning ausgefüllt und weitere Fragen zur Zukunft von Platooning gestellt. Die Ergebnisse zeigten, dass vor der Praxiserfahrung mit dem Platooning die Akzeptanz der Proband*innen mäßig war. Danach waren die Einschätzungen der Nutzerfreundlichkeit, des persönlichen Nutzens, des Vertrauens und der Fahrsicherheit gestiegen. Befürchtungen gab es bspw. durch geringe Abstände der Fahrzeuge in einem Platoon. Die Befragten waren teils besorgt, bei kritischen Situationen zu wenig Spielraum für Eingriffe zu haben. Einige Teilnehmende machten sich auch Sorgen bezüglich der Cybersecurity (Hacking) oder über die Möglichkeit, dass ein Pkw in die Lücke zwischen den Lkw einscheren könnte. Zudem äußerten Proband*innen, dass sie gerne auch selbst den Lkw steuern. Weiterhin sorgten sie sich über den Abbau von Arbeitsplätzen durch Automatisierung. Durch die geringe Stichprobengröße von lediglich 10 Personen sind die Ergebnisse vorsichtig zu interpretieren. Außerdem konnten die Proband*innen die Praxisfahrten unter guten Bedingungen erleben. Herausfordernde Situationen könnten andere Ergebnisse hervorbringen.

Eick und Debus (2005) untersuchten die Automatisierung im Straßenverkehr mit Fokus auf automatische Highway Systeme (AHS). Dabei handelt es sich um Systeme, die Konvois automatisch auf Autobahnen und Highways steuern können. Das System zeichnet sich durch weitreichende Automatisierung aus, die viele typische Tätigkeiten der Fahrenden übernimmt. Im Versuch machten 23 Proband*innen Erfahrungen mit dem System. Nach Ablauf der Experimente wurden sie über **Fragebögen** zu ihrer Akzeptanz des Systems befragt. Als besonders kritisch bewerteten die Teilnehmenden aufkommende Langeweile, schwindende Aufmerksamkeit und Ermüdung.

Einen ersten Ausblick auf mögliche Sicherheitsprobleme im Straßenverkehr bei zu hoher Akzeptanz von AVM erbrachte die Studie von **Dikmen und Burns (2016)**. In ihrer Studie **befragten** die Autoren 121 (6 % weiblich) Tesla Nutzende zu ihren Erfahrungen und ihrer Nutzung von Teslas teilautomatisierter Autopilot-Funktion (L2 nach SAE 2021). Die befragten Personen beschrieben sich als sehr erfahrene Autofahrer*innen mit hohen Computerkenntnissen und einem gesteigerten Interesse an der Funktionsweise der Fahrzeugautomatisierung. Sie waren sehr zufrieden mit der Autopilot-Funktion und nutzen diese zu über 90 % obwohl über 62 % der Nutzenden von häufigen und schwerwiegenden Automatisierungsfehlern berichteten wie bspw. Versuchen des Fahrzeugs ohne Grund die Fahrspuren automatisch zu wechseln oder ohne Grund zu bremsen oder zu beschleunigen.

Autonome und vernetzte Fahrzeuge haben zusätzlich zum individuellen auch großes Potenzial für den öffentlichen Verkehr. **Eden et al. (2017)** beschäftigten sich in ihrer Arbeit mit einem autonomen Buskonzept. Hierbei fuhr ein vollautomatisiertes Shuttle eine Strecke mit festen Haltestellen ab, so wie dies auch im konventionellen Verkehr der Fall ist. Die Autor*innen **befragten** die Teilnehmenden vor und nach einer Fahrt hinsichtlich ihrer Akzeptanz. Das eingesetzte Shuttle bot Platz für 11 Personen und fuhr 20 km/h. Es wurden insgesamt 17 Personen untersucht. Das Shuttle fuhr im Versuch vollautomatisch, es war aber zu jeder Zeit ein Operateur an Bord, welcher die Situation überwachte und notfalls eingreifen konnte. Passagiere, die sich vor Fahrtbeginn um die Sicherheit sorgten, vermeldeten, dass sie nach der Fahrt keine Bedenken mehr hätten. Sie waren der AVM gegenüber positiv eingestellt. Sie betonten jedoch auch, dass aufgrund der teils ruckartigen Brems- und Beschleunigungsvorgänge die Sicherheitsgurte an Bord dringend notwendig waren. Trotz der positiven Einschätzung der Passagiere vermerkten diese, dass ihre Einschätzung zur Sicherheit in einem größeren Fahrzeug oder ohne Operateur anders ausfallen könnte.

Zusammenfassung: In der bisherigen Forschung für den Verkehrsträger Straße sind unterschiedliche Schwerpunkte adressiert worden. Dies schließt insbesondere die allgemeine Akzeptanz automatisierter Fahrzeuge mittels Online-Umfragen und Befragungen im Rahmen experimenteller Arbeiten mit ein. Einzelne Studien untersuchten auch mögliche Veränderungen von Akzeptanz und Vertrauen vor und nach der Erfahrung mit automatisierten Fahrzeugen. In den berichteten Arbeiten wird deutlich, dass die Stichproben für Umfragen und Experimente zumeist jünger und selbst selektiert sind. Menschen, die entweder keinen Zugang zur Datenerhebung hatten oder welche, die aus anderen Gründen nicht teilnehmen konnten oder wollten, sind in den berichteten Ergebnissen unterrepräsentiert. Zukünftige Studien sollten insbesondere verstärkt ältere Nutzende berücksichtigen. Das durchschnittliche Alter von Käufer*innen neuer Fahrzeuge, die potenziell auch über AVM-Technologien verfügen, betrug im Jahr 2020 ca. 53 Jahre (Statista, 2022). Gezielte Untersuchungen mit diesen Zielgruppen geben präziser Auskunft über die Akzeptanz und Verbreitung von automatisierten Fahrzeugen.

Weiterer Forschungsbedarf ergibt sich ebenfalls auf der theoretischen Ebene. Hier sind die Zusammenhänge und Unterschiede zwischen den Konzepten Akzeptanz, Vertrauen sowie weiteren Persönlichkeitsvariablen wie bspw. Offenheit für Erfahrungen noch nicht geklärt. Eine theoretische Auseinandersetzung mit ihnen würde vermutlich in einer Überarbeitung von prominenten Modellen wie dem UTAUT2 münden und so eine zielgerichtete Auseinandersetzung mit der Akzeptanz von AVM ermöglichen.

Ein weiterhin wenig bis gar nicht adressierter Faktor ist der Einfluss der Erfahrung mit derartigen Systemen im realen Verkehr. Hier sollten Quer- und Längsschnittstudien prüfen, wie sich die Akzeptanz und das Nutzungsverhalten von Fahrenden innerhalb einer kurzen (z. B. Erprobung über wenige Stunden im Realverkehr) und langen (z. B. Tage, Wochen, Monate) Expositionsdauer verändert. Hier stellen sich u. a. Fragen nach der Ausbildung zu starker oder unangemessener Nutzung der Technologie aufgrund von positiven Erfahrungen oder

auch die nach der Nicht-Nutzung aufgrund negativer Erfahrungen. Weitere offene Fragen betreffen bspw. die Akzeptanz von AVM von anderen Verkehrsteilnehmenden außer Fahrern. Wenn es nicht nur um die Akzeptanz von Autofahrenden geht, sondern der Fahrzeuge im Mobilitätskontext, dann sollten Studien auch die Bewertungen anderer Verkehrsteilnehmender systematisch erfassen, z. B. vulnerable Verkehrsteilnehmer wie Fußgänger, Radfahrer oder Personen mit körperlichen Einschränkungen. Aktuelle Forschungsarbeiten im Rahmen der Entwicklung von externen Anzeigen wie Lichtbändern an automatisierten Fahrzeugen zeigen, dass diese u. U. übermäßiges Vertrauen bei Fußgängern auslösen und somit zu gefährlichen Interaktionen mit AVM führen können (Faas et al., 2021). Schlussendlich stellt sich die Frage, inwieweit automatisierte (L3) und autonome (L4 und L5) Fahrzeuge positive Beiträge zur Barrierefreiheit erbringen können. Wenn sie das tun, dann ist zu untersuchen, wie dieser Aspekt die Akzeptanz von AVM bei unterschiedlichen Stakeholdern beeinflusst.

4.2 Verkehrsträger Schiene

Die Akzeptanz automatisierter Mobilitätsangebote im Bereich Schiene stellt ein aktuell hochrelevantes Forschungsfeld dar. Z. B. befassen sich **Morast et al. (2022a)** mit vollautomatisierten Zügen. Die Autor*innen adaptierten das Car Technology Acceptance Model von Osswald et al. (2012) als Grundlage für ihre [Online-Umfrage](#) im Schienenkontext mit 530 Personen. Der Großteil der Proband*innen hatte bisher keine Erfahrungen mit autonomen Zügen, etwa die Hälfte verfügte über technisches Hintergrundwissen auf dem Gebiet. 25 % der Stichprobe waren Frauen. Insgesamt zeigte sich eine positive Einstellung gegenüber autonomen Zügen, wobei lediglich die Faktoren „Sozialer Einfluss“ und „Einstellung gegenüber neuen Technologien“ keine signifikanten Vorhersagevariablen waren. Die Ergebnisse sind mit denen aus den Bereichen Straßen- und Luftverkehr vergleichbar. Weiterhin fand sich ein Effekt des Alters der Versuchspersonen auf die Akzeptanz. Personen über 60 Jahren hatten die niedrigste Akzeptanz, während in der Altersgruppe von 25–39 Jahren die höchste gemessen wurde. Ein Effekt von technischem Hintergrundwissen konnte nicht aufgezeigt werden. Weiterhin war die Akzeptanz bei jenen Personen höher, die häufiger mit Zügen unterwegs waren und bei jenen, die bereits Erfahrungen mit autonomen Zügen sammeln konnten. Die Autor*innen untersuchten auch, wie die Versuchspersonen das Risiko von Cyberangriffen im Kontext von autonomen Zügen bewerteten. Cyberangriffe scheinen von den Proband*innen tatsächlich als Risiko empfunden zu werden.

Fraszcyk et al. (2015) beschäftigten sich mit Automatisierung im Metro-Bereich. Die Autor*innen untersuchten die generelle Wahrnehmung von führerlosen Zügen in der Öffentlichkeit. Sie erwähnen neben den bekannten Vorzügen automatisierter Systeme auch potenzielle Nachteile wie hohe initiale Kosten, Infrastrukturinvestitionen oder der Wegfall der Zugführungsposition. Die untersuchte Stichprobe umfasste 50 Personen, hauptsächlich Studierende und Lehrende einer Summer School. Diese Veranstaltung befasste sich mit der Thematik des Schienenverkehrs, autonome Züge wurden jedoch nicht thematisiert. Die Teilnehmer*innen waren zwischen 17 und 62 Jahren alt. 75 % der Befragten waren zwischen 18 und 30 Jahren alt, 14 waren Frauen. Der Großteil der Befragten (64 %) gab an, sich über die Nutzung autonomer Züge keine Sorgen zu machen. Insgesamt bewerteten 78 % der Teilnehmenden die Technologie autonomer Züge als „gut“ bis „sehr gut“. Im Rahmen der [Befragung](#) wurden sie auch mit Faktoren konfrontiert, die ihre Meinung zu führerlosen Zügen (positiv) beeinflussen könnten. Hier zeigte sich aber bei keinem der Faktoren (z. B. günstigere Ticketpreise, bessere Servicezeiten, erhöhte Abfahrtsfrequenzen) ein klarer positiver Einfluss auf die Bewertungen. Die Befragung zeigte ein starkes Bedürfnis der Versuchspersonen nach einer Fahrerkabine in autonomen Zügen an. Diese Präferenz war bei Frauen (93 %) ausgeprägter als bei Männern (75 %). Frauen hatten ebenfalls einen deutlichen Wunsch nach der Präsenz eines menschlichen Ansprechpartners an Bord, z. B. für Notfälle. Sorgen machten die Proband*in-

nen sich bezüglich der Kommunikation in der Belegschaft und bei technischen Problemen des autonomen Systems. Da viele Gewerkschaften im Schienenverkehr eine negative Meinung zu autonomen Systemen haben, wurde darauf auch in dieser Befragung Bezug genommen. Die Mehrheit der Befragten (62 %) zeigte sich, was den Jobverlust von Zugführenden betraf, allerdings nicht besorgt. Einschränkend ist anzumerken, dass Menschen befragt wurden, die sich mit der Entwicklung von Zugsystemen beschäftigen.

Pakusch und Bossauer (2017) untersuchten die Akzeptanz von autonomen Zügen im Kontext des öffentlichen Personenverkehrs. Hier stand der Zusammenhang von Akzeptanz mit Variablen wie Alter und Erfahrung mit autonomen Verkehrsmitteln im Vordergrund. In ihrer **Umfrage** wurden 201 Proband*innen über autonome öffentliche Verkehrsmittel allgemein und über praktische Beispiele informiert. Anschließend wurden sie darüber befragt, ob sie derartige Services in Anspruch nehmen würden. Neben der Verwendung einer 5-stufigen Likert-Skala, wurden den Befragten auch offene Fragen gestellt. Das Durchschnittsalter der zumeist studentischen Proband*innen betrug 26 Jahre, bei einer Altersspanne von 18 bis 81 Jahren. Der Großteil der Befragten (77,6 %) gab an, sich vorstellen zu können, in Zukunft autonome Services zu nutzen. 37,1 % berichteten von Erfahrungen mit autonomen Verkehrsmitteln. Die Mehrheit dieser Personen fühlte sich dabei sicher. Teilnehmende, die bereits Erfahrungen gesammelt hatten, waren eher dazu bereit, autonome Systeme zu nutzen als solche, die keine Erfahrung hatten (88 % vs. 72 %). Erfahrene waren auch eher dazu bereit, andere autonome Fahrzeuge zu nutzen. Ebenfalls zeigte sich, dass die Versuchspersonen den vollautomatisierten Schienenverkehr dem automatisierten Straßenverkehr vorzogen. Im Straßenverkehr gaben die Befragten an, keinen Unterschied zwischen der Präferenz für autonome Busse im Vergleich zu Privatfahrzeugen zu machen.

Balfe et al. (2018) erfassten das Vertrauen und die Automationsnutzung von 24 erfahrenen Operateuren in Signalstationen im Schienenverkehrsbereich. Die Autor*innen beobachteten je 90 Minuten lang deren Tätigkeiten und Interaktionen mit verschiedenen automatisierten Systemen. Diese gaben den Operateuren keine Rückmeldung darüber, wie sie zu ihren Empfehlungen kamen. Für die Operateure bestand stets die Möglichkeit, die Automatisierung zu deaktivieren. Zusätzlich zur **Beobachtung** setzten die Autor*innen auch einen **Fragebogen** mit 19 Statements zur Erfassung des Vertrauens in das System ein. Die Ergebnisse legen nahe, dass Operateure mit Automatisierung einen passiven Überwachungsstil pflegen. Die Aufmerksamkeit wird dann erhöht, wenn die Automaten auf die Notwendigkeit einer Intervention hinweisen oder falls Interventionen von den Operateuren selbst antizipiert werden. Insgesamt lag das Vertrauen der Operateure in das System im neutralen Bereich. Das System wurde als reliabel eingeschätzt, gerade was die allgemeine Verfügbarkeit des Dienstes betraf. Die Befragten waren zwar der Meinung, dass das System im Routinebetrieb gut funktioniert, jedoch war ihre Ansicht bezüglich der Systemleistung bei Abweichungen von der Norm sehr negativ. Das Vertrauen in das System war dabei jedoch nie so niedrig, dass die Operateure es deaktiviert hätten. Stattdessen wurde das System als nützliche Hilfe betrachtet, die letztlich aber weniger kompetent ist als die Operateure selbst. Dies deutet darauf hin, dass gerade dann, wenn die Arbeitslast am größten ist, nur wenig davon durch das System übernommen werden kann. Die Entscheidungen des Systems waren für die Operateure zwar durchweg verständlich und deren Zweck ersichtlich, jedoch fehlte Verständnis darüber, weshalb die Programme die jeweiligen Entscheidungen so fällten. Die Einschätzung der Versuchspersonen darin, wie gut sie in der Lage waren die Empfehlungen des Programms vorauszusagen, variierte sehr stark und die Teilnehmenden hatten ein negatives Bild der Vorhersagbarkeit. Diejenigen, die dem System weniger vertrauten, intervenierten während der Beobachtungsphase deutlich häufiger. Als signifikanter Faktor für die Höhe des Vertrauens stellte sich die Kenntnis über die Entscheidungsbildung des Programms heraus.

Im internationalen Kontext untersuchten **Fraszczyk und Mulley (2017)** die Meinung der Öffentlichkeit bezüglich geplanter autonomer Zuglinien in Sydney mittels **Befragung**. In der Arbeit wurden die Einstellungen zu führerlosen Zügen und zum öffentlichen Verkehr im Allgemeinen erfasst. Die Stichprobengröße lag bei 219 Personen. Diejenigen, die bereits den Zugverkehr in Sydney nutzten (39 %), waren autonomen Zügen gegenüber häufiger positiv eingestellt als Nicht-Nutzende (14 %). Von den Zugnutzenden gaben 27 % an, autonome Züge abzulehnen. Bei Nicht-Nutzenden lag dieser Anteil mit 40 % deutlich höher. Beide Gruppen empfanden die Präsenz eines Zugführers als wichtig (71 % der Zugnutzenden und 84 % der Nicht-Nutzenden). Rund 60 % der Befragten sprachen sich dafür aus, dass auch weiterhin eine Fahrerkabine in den Zügen vorhanden sein sollte. Weiterhin gaben 50 % der Nutzenden und 67 % der Nicht-Nutzenden an, bezüglich der Sicherheitsaspekte von autonomen Zügen besorgt zu sein. Rund 43 % glaubten nicht, dass autonome Züge eine geringere Fehlerrate als Menschen haben würden. Hinsichtlich möglicher Automatisierungsvorteile war den Befragten die Reduktion der Ticketpreise und die verlängerten Servicezeiten am wichtigsten. Am wenigsten bedeutsam wurde die Reduktion des menschlichen Risikofaktors und Veränderungen bei der Nachhaltigkeit empfunden. Ambivalenter war die Einstellung gegenüber dichteren Fahrttaktungen, wobei Nutzende hier eine höhere Präferenz hatten als Nicht-Nutzende. Beide Gruppen gaben an, sich unsicher zu sein, ob sie autonome Züge in der Zukunft nutzen wollten (35 % bei Nutzenden, 46 % bei Nicht-Nutzenden). Es besteht also durchaus Unsicherheit über die Nutzungsintention, wobei die Unsicherheit bei den Personen ausgeprägter ist, die den öffentlichen Verkehr derzeit nicht nutzen. Die Autor*innen machen darauf aufmerksam, dass das geringe Wissen über autonome Züge ein bedeutendes Problem für deren Akzeptanz und Implementierung darstellt. Weiterhin geben sie an, dass die Automatisierung seit den 1980ern in Europa und Asien im Schienenverkehr zunimmt und bisherige Informationen über die Einstellung gegenüber dieser Entwicklung praktisch ausschließlich von Seiten der Medien und Zugführergewerkschaften kommen.

Die Arbeit von **Wahlström (2017)** beschäftigte sich mit der öffentlichen Meinung zu einem zukünftigen autonomen Metro-System in Helsinki. Zu diesem Zweck analysierten sie Zeitungsartikel zur Thematik sowie Daten aus einer Befragung mit 913 Personen, in welcher Proband*innen ihre Meinung frei äußern konnten. Diese Artikel wurden in drei Kategorien eingeteilt: Das Metro-Projekt unterstützend (21 Artikel), Preis und Planung des Projekts kritisierend (4 Artikel) und die Automatisierung an sich kritisierend (2 Artikel). Nur 9 % der Befragten gaben an, die Automatisierung zu bevorzugen. 63 % dagegen präferierten das konventionelle System. Personen, die wussten, dass es auch anderswo bereits automatisierte Metro-Systeme gibt, waren weniger negativ eingestellt. Insgesamt war mehr Wissen über automatisierte Metros und die konkreten Pläne für das Projekt mit einer höheren Akzeptanz der autonomen Metro assoziiert. Gesamtheitlich betrachtet war die Sicht auf die Automatisierung negativ. Konkretes Wissen milderte dies zwar ab, war aber nicht ausreichend, damit Befragte die autonome Metro der konventionellen vorzogen.

Zusammenfassung: Es wird deutlich, dass im Schienenbereich hochentwickelte Technik verfügbar ist, aber Entscheidungen über ihren Einsatz ohne Berücksichtigung unterschiedlicher Stakeholder, wie bspw. den Endnutzenden, getroffen werden. Mit zunehmender Einführung von Automatisierungslösungen, die auch von diesen Zielgruppen als AVM erkannt werden, steigt auch der Bedarf an Akzeptanzforschung stark an. Aktuell baut sich die Datenlage in diesem Bereich mit den Erkenntnissen aus den Metro-Studien auf. Unklar ist, ob diese auf andere Teile des Schienenverkehrs wie dem Nah- und Fernverkehr übertragbar sind. Professionelle Operateure zeigen eine hohe Akzeptanz automatisierter Systeme. Bei nicht-professionellen Personen scheint eine vorhandene Erfahrung mit automatisierten Systemen einen großen Unterschied bei der Bewertung dieser Systeme zu machen. Diejenigen, die bereits

Erfahrungen machen konnten, zeigen eine höhere Akzeptanz, sind allerdings bisher deutlich weniger beforscht als Menschen, die noch keine Erfahrung sammelten. Deutlich wurde auch, dass das Wissen über automatisierten Schienenverkehr die Akzeptanz der Nutzenden beeinflusst. Bisher nahmen allerdings nur wenige Stakeholder wie bspw. Gewerkschaften die Möglichkeit wahr, über Automatisierung im Schienenverkehr zu informieren. Weiterhin erfolgte viel Forschung im Ausland und weniger innerhalb Deutschlands. Es ist daher unklar, ob die Ergebnisse von Studien in anderen Ländern auf Deutschland ohne Weiteres übertragbar sind.

4.3 Verkehrsträger Luft

Die Einführung (teil-)automatisierter Systeme für AVM für den Verkehrsträger Luft ist seit den 1980er Jahren ein vielfach beforschtes Thema. Eine frühe Arbeit auf diesem Feld stammt von **Rudisill (1995)**. Die Untersuchung gibt einen frühen Ausblick auf die in dem Bereich bis heute bestehenden Herausforderungen. Sie beschäftigte sich mit der Auswirkung von Automatisierung auf die Crew und deren Einstellung und Problemen mit (semi-)autonomer Luftfahrt. Die **Befragung** sammelte Kommentare von 443 Pilot*innen, die im Personenluftverkehr im Vereinigten Königreich, Nordamerika, Europa, Asien, Ozeanien und dem Nahen Osten tätig waren. Sie inkludierte Pilot*innen von Flugzeugen mit hohen Automationsgraden wie bspw. Autopiloten mit Start- und Landeunterstützung und automatischer Überwachung von Flugsystemen. Insgesamt bestand Konsens darüber, dass Automatisierung zur Sicherheit beiträgt. Einige der Befragten äußerten jedoch Sorgen bzgl. möglicher Unfälle durch Automationsfehler und geringes Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten. Das Design der Geräte wurde im Allgemeinen als gut aufgefasst, jedoch gab es diverse Probleme bei bestimmten Modellen. Häufige Probleme waren zur Zeit der Studie beispielsweise fehlendes oder falsches Feedback, schlecht formulierte Informationen, zu langsame Reaktionszeiten bestimmter Systeme oder die Bereitstellung von zu viel Information. Die Einstellung zu den erfassten Automaten war insgesamt sehr positiv, da sie es den Befragten ermöglichten, mehr Aufmerksamkeit auf andere Bereiche zu lenken. Neue automatisierte Systeme könnten allerdings zu verschiedenen Unfällen führen, da sie die eigene Arbeit „zu einfach machten“. Einige Probanden gaben an, eine gewisse „Über-Automatisierung“ zu empfinden. Ihrer Meinung nach würden viele Systeme ohne praktischen Nutzen der Automation unterzogen, ohne dabei auf die Konsequenzen für den Flugbetrieb zu achten. Insbesondere die Aufgabe eines „Aufsehers“ führte zu Unwohlsein und Gefühlen unzureichender Ausbildung. Darüber hinaus wurden automatisierte Systeme teilweise deaktiviert, wenn die manuelle Operation als leichter erlebt wurde im Vergleich zur Interaktion mit den Automaten. Angemerkt wurde auch, dass das initiale Training zu knapp und schwierig war, weshalb es anfangs an Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten mangelte. Die Arbeit stellt somit eine Reihe von Hürden in dieser Phase der Automatisierung heraus. Das Alter der Untersuchung sollte als wichtige Limitation der Aussagen beachtet werden. Aktuelle Arbeiten untersuchen neuartige Assistenzsysteme. Probleme wie zu lange Reaktionszeiten von Systemen spielen bei diesen keine Rolle mehr.

Eine andere frühe Arbeit stammt von **Davis et al. (1991)**. Sie beschäftigte sich mit den Auswirkungen von Automatisierung auf die Luftverkehrskontrolle. In einer Simulation testeten die Autor*innen die Performanz von fünf Fluglotsen mit Automatisierung und deren Akzeptanz für das System. Jeder Operateur wurde eine Woche lang getestet, wobei der erste Untersuchungstag genutzt wurde, um das System kennen zu lernen. Die Operateure erhielten am Ende der Woche einen **Fragebogen** mit 37 Items über das System. Insgesamt stimmten sie darin überein, dass das System den Arbeitsaufwand stark reduzierte. Keine der Versuchspersonen fühlte sich eingeschränkt oder negativ beeinflusst. Sämtlich Teilnehmende sprachen sich stark für eine Verwendung des Systems in der beruflichen Praxis aus. Diese Ergebnisse sind zwar positiv, jedoch muss beachtet werden, dass weder ein theoretisches Modell der Akzeptanz, noch eine ausreichend große Stichprobe vorlag.

Zusätzlich zur Akzeptanz von AVM wurden im Bereich Luftfahrt auch die Auswirkungen von Automatisierung auf die Performanz und den Workload von Nutzenden beforscht. Zum Beispiel untersuchten **Bowers et al. (1995)** den Einfluss steigender Automatisierung im Cockpit auf die interne Kommunikation und Problemlösung der Crew. Zielgruppe waren Zwei-Personen-Crews, bestehend aus Versuchspersonen, die mindestens einen privaten Flugschein hatten. Die Teilnehmenden absolvierten zwei Szenarien in einem **Flugsimulator**, bei denen ihre Kommunikation mit Kontrollzentren untersucht wurde. Insgesamt wurden 15 Crews betrachtet. In den Szenarien wurde der Grad der Automatisierung manipuliert, so dass einmal hohe und einmal geringe Automatisierung erlebt wurde. Die Ergebnisse legen nahe, dass die Kommunikation zwischen den Crewmitgliedern bei hoher Automatisierung anders ausfällt als beim manuellen Flug. So kommunizierten die Piloten deutlich weniger mit Automation. Die Copiloten kommunizierten hier dagegen vermehrt, was möglicherweise daran lag, dass einige ihrer Tätigkeiten in diesem Fall von den Piloten übernommen wurden. Es ließ sich also bereits 1995 ein Einfluss der Automatisierung auf die Arbeitstätigkeit erkennen. Der Kommunikationsstil war unter Automatisierung im Falle von Entscheidungssituationen verändert. Bei simplen Entscheidungen kam es zu deutlich mehr Handlungsvorschlägen mit Automation. Diese gingen jedoch mit steigender Komplexität der Entscheidung stark zurück. Während die Crews mit der besten Testperformanz in der automatisierten Kondition unverändert kommunizierten, zeigten die Crews mit schlechterer Performanz ein verändertes Kommunikationsverhalten unter Automatisierung (erhöhte Anzahl von Kommunikationen über Beobachtungen). Die Autor*innen schlussfolgern, dass gute Teams durch die Automation effektiver werden, während schlechte Teams mehr Schwächen zeigen.

In einer weiteren Studie mit 142 Piloten untersuchten **Richardson et al. (2019)** die Anwendung des TAM zur Integration eines automatischen Systems zur Vermeidung von Bodenkollisionen im Kontext von Kampfflugzeugen. Die Ergebnisse der Studie weisen auf einen Zusammenhang zwischen der Bedienbarkeit und Akzeptanz des Systems hin. Wurde das System als einfach bedienbar empfunden, so wurde es als positiver eingeschätzt und öfter eingesetzt. Ein weiterer bedeutender Faktor war die wahrgenommene Nützlichkeit der Technologie, die ebenfalls positiv mit der Nutzung zusammenhing. Die Autor*innen der Studie empfehlen den Einsatz umfassender Trainingsmöglichkeiten, um die Akzeptanz durch die Piloten zu steigern. Die Studie stammt zwar nicht aus dem zivilen Bereich, jedoch werden gerade im Luftfahrtsektor viele Technologien vor ihrer Übertragung in den Zivilsektor zunächst in militärischen Anwendungen entwickelt und erprobt. Die Arbeit zeigt auf, dass die nutzerfreundliche Gestaltung von Automaten und das nutzerseitige Wissen über diese bedeutsamen Faktoren für ihre Akzeptanz sind.

Die Bedeutung des Wissens über die eingesetzte Automatik war auch in der Studie von **Le Goff et al. (2018)** von Interesse. In den zwei **Experimenten** testeten die Autor*innen, inwieweit sich die Akzeptanz der Nutzenden verbessert, wenn sie Zusatzinformationen über die nächsten Handlungen des Programms erhalten. Insgesamt nahmen 40 studentische Versuchspersonen ohne Flugerfahrung teil. Die Ergebnisse des ersten Experiments zeigten auf, dass sich die Akzeptanz durch das Einblenden einer erklärenden Nachricht für den Nutzer verbessert. Im zweiten Experiment wurde näher untersucht, welche Rolle dabei das Zeitintervall zwischen der Reaktion des automatischen Systems und der Darbietung der Nachricht spielt. Hier legen die Ergebnisse die Schlussfolgerung nahe, dass eine mittlere Darbietungszeit zwischen der Nachricht und der Reaktion des Systems zwischen 4 und 7 Sekunden die Akzeptanz steigert. Kürzere oder längere Zeitintervalle wirken hingegen nicht akzeptanzsteigernd.

Eine weitere Umfrage mit 214 aktiven Pilot*innen der U.S. Army (4,7 % weiblich, Durchschnittsalter 33 Jahre) wurde von **Feltman et al. (2018)** zum Thema Akzeptanz von Automatisierungen in Flugzeugen durchgeführt. Im **Fragebogen** wurde unter anderem der Einfluss von Automation auf die Einschätzung der Sicherheit und die Erhaltung eigener Flugkompetenzen erfragt.

Insgesamt misstrauen die Pilot*innen eher der Automatisierung bei sicherheitsrelevanten Aspekten. Dabei äußerte die Gruppe mit mehr Flugerfahrung (> 500 Flugstunden) deskriptiv auch stärkeres Misstrauen verglichen mit der Gruppe mit weniger Erfahrung. Die Ergebnisse der Befragung sind insofern limitiert, dass nur von deskriptiven Häufigkeiten zweier Themenbereiche berichtet wird. Hier hätten sich weitere statistische Kennwerte und Tests der Gruppenunterschiede angeboten. Der Grenzwert zur Gruppentrennung hinsichtlich der Flugerfahrung wird nicht begründet, was die Aussagekraft der Ergebnisse weiter einschränkt.

Zusätzlich zu den Pilot*innen sind weitere Stakeholder wie bspw. Lotsen für den Bodenverkehr oder den Luftverkehr hinsichtlich ihrer Akzeptanz von Automatisierungslösungen beforscht worden. Bspw. untersuchten **Callantine et al. (2012)** Automatisierung in der Luftverkehrsregelung. Die Arbeit der Autor*innen ist geprägt durch eine formal-technische Sicht auf die Thematik. Dies zeigt sich daran, dass Akzeptanz mit verwandten Konzepten wie Bedienbarkeit oder Verständlichkeit gleichgesetzt wird. Die Autor*innen untersuchten mittels drei **Simulationsstudien** die Reaktionen von Flugverkehrsmanager*innen auf steigende Automation in ihrem Berufsfeld. Die Ergebnisse zeigten, dass Probleme im Ablauf meist durch missverständliche Information seitens der Technik entstanden. Die Unterstützung durch Automatisierung wurde besonders bei geringem Workload als positiv empfunden. Bei beanspruchenden Tätigkeiten wie der Landung von Flugzeugen wurden sie als weniger nützlich beurteilt.

Einen weiteren Aspekt der Akzeptanz von Automation greift die Studie von **Evans et al. (2018)** auf. Diese Autoren widmen sich der Herausforderung, dass automatisierte Systeme meist nicht per se akzeptabel oder inakzeptabel sind, sondern die Einstellung der Operateure je nach Verhalten des Systems variiert. Die Autor*innen untersuchten mittels **Data-Mining**, ob sich die Akzeptanz von Fluglotsen für die Routenempfehlungen einer Navigationssoftware vorhersagen lässt. Dabei ist zu beachten, dass die Verfügbarkeit von Daten zur Anwendung von Data-Mining-Ansätzen ein Problem darstellt. Gerade im Bereich Luftfahrt treffen sehr viele Automationsfaktoren aufeinander. Ein großer Teil der Daten bildet Akzeptanz daher lediglich in einem impliziten Format ab, z. B. indem akzeptierte Kursänderungen mit nicht-akzeptierten Kursänderungen verglichen wurden. Verschiedene Faktoren sind bei der Akzeptanz von Kursänderungen für die Fluglotsen von Bedeutung wie die Länge des geänderten Kurses, die Wettersituation, Luftverkehrsdichte und die in der Vergangenheit geflogenen Routen. Unter Einbezug der relevanten Faktoren war es den Autor*innen möglich, eine Gleichung zu entwickeln, die die Akzeptanz von automatischen Kursänderungen ausreichend vorhersagte. Probleme ergaben sich durch die zirkuläre Definition der Akzeptanz: Die Akzeptanz ist dann höher, wenn das Programm akzeptablen Output liefert.

Schlussendlich gibt es im Bereich Luftfahrt auch Untersuchungen, die sich mit der Akzeptanz von visionärer AVM wie automatisierten Lufttaxis auseinandersetzen. In einer frühen Arbeit zur gesellschaftlichen Akzeptanz unbemannter Luftverkehrsmittel im Güter- und Personentransport untersuchte die Studie von **MacSween-George (2013)** ob die bestehende Akzeptanz durch Informationen oder emotionale und finanzielle Anreize verbessert werden kann. Die Stichprobe der **Befragung** bestand aus 120 Amerikaner*innen. Zum Zeitpunkt der Studie fiel die Akzeptanz für unbemannte Flugzeuge noch gering aus. Lediglich 17 % der Befragten gaben an, ein unbemanntes Passagierflugzeug nutzen zu wollen, selbst wenn der Preis für die Nutzung 50 % geringer ausfiel. 52 % hatten eine positive Einstellung gegenüber unbemannten Güterflugzeugen. Durch Erklärungen und Anreize (z. B. geringerer Preis) erhöhte sich zwar nicht die Akzeptanz, die Ablehnung verringerte sich jedoch und der Anteil Unentschlossener wuchs. Eine wichtige Limitation dieser Ergebnisse ist der frühe Zeitpunkt der Untersuchung, bei dem viele der Befragten noch keine konkrete Vorstellung oder Erfahrungen mit dem Thema sammeln konnten.

Einen starken Zuwachs der Publikationen zum Thema automatisierter Urban Air Mobility gab es in den vergangenen fünf Jahren. **Fu et al. (2019)** führten bspw. eine **Umfrage** in der Metropolregion München durch. Erfasst wurden die Präferenzen in Hinblick auf Kosten und ein Vergleich mit anderen Transportmöglichkeiten. Die Stichprobe entsprach in Bezug auf Geschlecht, Beschäftigungsstatus und Autoverfügbarkeit dem deutschen Durchschnitt. Insgesamt waren jedoch jüngere und höher gebildete Personen überrepräsentiert. Die Ergebnisse der Befragung deuteten darauf hin, dass für die Proband*innen die Reisezeit wichtiger als die Reisekosten war. Die Teilnehmenden waren bereit, deutlich mehr für autonome, verglichen mit analogen Verkehrslösungen auszugeben. Die Versuchspersonen empfanden autonome Lösungen im Vergleich zu konventionellen Systemen allerdings auch als riskanter. Personen zwischen 46 und 65 Jahren waren autonomen Lösungen weniger zugetan. Diese Proband*innen präferierten für alltägliche Reisen die konventionellen Möglichkeiten, der autonome Flugverkehr schnitt hier am schlechtesten ab. Die Nutzung von autonomem Luftverkehr wurde eher bei Geschäftsreisen in Betracht gezogen.

Al Haddad et al. (2019) beschäftigten sich in ihrer **Befragung** von 221 Menschen mit Personentransportlösungen, die über Drohnen angeboten werden. 37 % der Befragten gaben an, einen solchen Service 2-3 mal pro Jahr nutzen zu wollen. Ein Anteil von 22 % war unentschlossen. Die wichtigsten Faktoren für die Nutzungsentscheidung waren Sicherheit, Verlässlichkeit, Reisekosten und Reisezeit. Dabei gab es Unterschiede zwischen den Geschlechtern. Frauen waren den skizzierten Lösungen gegenüber skeptischer eingestellt als Männer. Weiterhin waren Haushalte mit höherem Einkommen positiver gegenüber AVM-Lösungen eingestellt als Haushalte mit geringerem Einkommen. Die Teilnehmenden waren größtenteils europäischer Herkunft (n = 181), 138 waren aus Deutschland. Versuchspersonen, die den Fragebogen in deutscher Sprache ausfüllten, waren insgesamt skeptischer eingestellt und tendierten weniger stark zu einer frühen Inanspruchnahme von AVM-Lösungen. Die Ergebnisse der Studie sind deutlich durch ihre prospektive Ausrichtung limitiert. Die Versuchspersonen hatten keine Möglichkeit, simulierte oder praktische Erfahrungen mit den AVM-Lösungen zu sammeln.

Die zwei **Online-Studien** von **Clothier et al. (2015)** befassten sich ebenfalls mit Drohnen als Mobilitätsdienst. Die Proband*innen sollten einschätzen, wie sie die Risiken von Drohnen im Vergleich zu bemannten Flugobjekten empfinden. Bei der ersten Befragung gaben 200 Australier zwischen 18 und 65 Jahren zu verschiedenen Bildern von Drohnen und Flugzeugen an, wie hoch sie die damit verbundenen Risiken einschätzten. Die Ergebnisse zeigten eine neutrale Einstellung der Proband*innen zu Drohnen. Die Technologie wurde nicht als per se unsicher, riskant oder besonders nützlich eingeschätzt. Die eingeschätzten Risiken waren vergleichbar mit denen beim bemannten Flug. In der zweiten Untersuchung wurde ein experimentelles Design genutzt, um zu überprüfen, ob die Einstellung gegenüber Drohnen durch ihre Darstellung beeinflusst werden kann. Dafür wurden die Proband*innen mit einem fiktiven Zeitungsartikel konfrontiert, der die Nutzung einer Drohne zur Überwachung von Küstenerosion beschrieb. Zwischen den Versuchspersonen wurde verändert, welche Worte im Artikel genutzt wurden, um das Flugobjekt zu beschreiben. An dieser zweiten Untersuchung nahmen 510 Australier*innen teil, ebenfalls 18 bis 65 Jahre alt. Die Ergebnisse deuten auf keinen Unterschied durch die Formulierungen hin. Insgesamt scheinen die Risiken von Drohnen akzeptabel für die Teilnehmenden zu sein. Einschränkend ist anzumerken, dass sich die Befragten nicht explizit mit dem Konzept von Drohnen als Verkehrsmittel zum Personentransport beschäftigten. Die Einschätzung des Risikos gibt zwar einen indirekten Rückschluss auf die Akzeptanz, jedoch wird die tatsächliche Akzeptanz im Alltag noch von anderen Faktoren wie Kosten und Zuverlässigkeit abhängen.

Zusammenfassung: Insgesamt kann festgestellt werden, dass die Forschung zu AVM im Rahmen dieses Verkehrsträgers einer kontinuierlichen Weiterentwicklung hin zu vollautomatisierten Flugsystemen unterliegt, wie aktuelle Europäische Forschungsprogramme wie SESAR 3 belegen (SESAR 3, 2022). Die frühen Arbeiten in diesem Bereich fanden mit Operateuren statt und fokussierten stark die Art der Benutzung einzelner automatisierter Komponenten ihres hochkomplexen Arbeitsplatzes. Das Konzept Akzeptanz ist in diesen Arbeiten oft nur unzureichend definiert. Weiterhin wurde deutlich, dass die Akzeptanz von Operateuren häufig von der konkreten Umsetzung der Technologie beeinflusst wird. Dies schränkt die Aussagekraft der Ergebnisse für andere und auch anders gestaltete Automaten ein. Bisherige Arbeiten berücksichtigen darüber hinaus nur wenig die Perspektive der Endnutzenden. Mit zunehmender Automatisierung in Richtung vollautomatischen Fliegens wird die Akzeptanz der Passagiere an Bedeutung zunehmen. Im Bereich automatisierte Drohnen ist diese Perspektive bereits vertreten. Hier wurde allerdings deutlich, dass Untersuchungen nur prospektiv durchführbar sind, da die Technologie nur in Einzelfällen erfahrbar ist.

4.4 Verkehrsträger Wasser

Bisher wurde sehr wenig Forschung zur Akzeptanz von AVM für den Verkehrsträger Wasser durchgeführt. Die bestehenden Studien beschäftigen sich mit der Automatisierung im Bereich Seefahrt. Hier kommen seit längerem (teil-)automatisierte Funktionen auf Schiffen für die Kurs- und Geschwindigkeitsplanung sowie für Lotsen im Hafenbereich zum Einsatz. Zum Beispiel untersuchten **Aylward et al. (2020)** die Akzeptanz von Operateuren mit automatisierter Navigationsunterstützung mittels einer **Befragung**. Dafür wurden 16 Operateure nach dem Erleben der Assistenz hinsichtlich ihres Workloads, der Nutzerfreundlichkeit und des Informationsgehalts befragt. Die Proband*innen schätzten die Informationen, die durch das System bereitgestellt wurden, tendenziell als neutral bis positiv ein. Ähnliches ergab sich für die Wertungen der Nutzerfreundlichkeit, die mit wenigen Ausnahmen im neutralen bis positiven Bereich lagen. Anders sieht es mit der Einschätzung des Einflusses auf den Workload aus. Die Resultate sind hier gemischt. Überwiegend wird von einer mittleren Steigerung des Workloads berichtet, einige Antworten sind aber auch im negativen Bereich. Die Untersuchung zeigt somit, dass der durch Automatisierung entstehende Workload ein bedeutender Einflussfaktor für die Benutzung derartiger Technologien ist.

Kataria et al. (2015) untersuchten in ihrer Arbeit das Crew-Centered Design (CCD) im Kontext von Handelsschiffen. Die Autor*innen verwendeten ein Mixed-Methods Design bei dem unter anderem **semi-strukturierte Interviews** mit 24 Crewmitgliedern durchgeführt wurden. Die Mitglieder der Crew machten dabei Angaben über verschiedene Bereiche und Themen, bei denen sie Probleme im Arbeitsalltag sahen. Dies betraf auch Aspekte der Automatisierung. Eine Kernproblematik für die Seeleute stellt die fehlende Standardisierung vieler Arten von Equipment dar. Speziell im Brückenbereich, der stark von Automatisierung und Displays geprägt ist, klagten die Befragten über fehlende Übersichtlichkeit und Konfigurierbarkeit. Insbesondere die Navigationsoffiziere wünschten sich für ihre Brückenarbeit mehr Standardisierung sowie eine bessere Bedienbarkeit und Konfigurierbarkeit von Alarmen und Displays. Zwar maß diese Arbeit die Akzeptanz der Operateure nur indirekt, dennoch können die von den Proband*innen genannten Faktoren als bedeutende Einflussgrößen auf die Akzeptanz dieser Systeme beurteilt werden.

In einer weiteren Arbeit untersuchten **Aylward et al. (2022)** die Auswirkungen von Software zur Kurskorrektur in der **Simulation** mit einer Stichprobe von 19 schwedischen SchiffsNavigatoren. Die Software lieferte Feedback und Vorschläge zur Kurs- und Geschwindigkeitskorrektur, beruhend auf den Informationen über andere Schiffe in der Nähe, an das Personal.

Derartige Automatisierung ist ein markantes Beispiel für den sich vollziehenden Wechsel zu vollautonomen Schiffen. In der Studie absolvierten die Teilnehmenden verschiedene Szenarien entweder mit oder ohne Unterstützung durch die Software. Außerdem wurden **Interviews** mit den Versuchspersonen durchgeführt. Vor der Versuchsdurchführung wurde die Einstellung der Probanden in Bezug auf Automation via 5-stufiger Likert-Skala gemessen. Vier Personen gaben eine neutrale Einstellung an. Die Mehrheit (n = 15) war entweder positiv oder sehr positiv. Nach Ablauf der Versuche gaben die Navigatoren Rückmeldung zu ihrer Erfahrung. Insgesamt wurde die Technologie als nützlich empfunden, mit positiveren Reaktionen, wenn das vom Computer vorgeschlagene Handlungsmodell zur eigenen Vorstellung passte. Die Fähigkeit des Algorithmus in die Zukunft zu prognostizieren und die Visualisierung des Systems wurden positiv aufgenommen. Einige Teilnehmende äußerten jedoch auch Sorge über noch komplexere Systeme in der Zukunft. Eine genaue Angabe zu ihrer Zahl liegt aber nicht vor. Diese Befürchtungen betrafen das Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten und Angst davor, durch eine Maschine ersetzt zu werden. Laut Aussage der Autor*innen waren viele Teilnehmende gegenüber der Integration neuer Funktionen kritisch. Eine genaue Angabe zur Anzahl der kritischen Probanden fehlt allerdings. Die Befragten merkten an, dass viele der bereits verfügbaren Optionen nicht gut verständlich seien und besseres Training und Nutzerdesign priorisiert werden sollte. Limitationen der Studie liegen in der geringen Stichprobengröße und der Verwendung einer Simulation.

Zusammenfassung: Die berichteten Studien verdeutlichen die bisherigen Forschungsschwerpunkte der AVM für den Verkehrsträger Wasser. Diese lagen insbesondere in der Unterstützung der Navigation bezüglich Richtung und Geschwindigkeit. Darin wurde deutlich, dass zukünftige Forschungsarbeiten sich mit der Standardisierung und Bedienbarkeit von automatisierten Systemen beschäftigen sollten. Dabei schränkt die fehlende Standardisierung von Systemen die Generalisierbarkeit von Befunden ein, weil sie zu vergleichsweise großen Unterschieden zwischen Schiffen führt. Außerdem sollten die Verstehbarkeit, die Kontrollierbarkeit und die Komplexität der Systeme in empirischen Arbeiten adressiert werden, um eine möglichst hohe Akzeptanz zu erreichen. Die vorliegenden Arbeiten wurden zumeist mit wenig Versuchspersonen durchgeführt. Zukünftige Studien sollten mehr Proband*innen einschließen und weitere Kriterien wie bspw. Berufserfahrung miteinschließen. Insgesamt ist dies ein Bereich mit sehr wenig Forschung. Einige Arbeiten wie die von Aylward et al. (2020) betonen allerdings die Relevanz von Akzeptanz oder stellen hypothetische Überlegungen an (Wright, 2022), aber bisher ohne empirische Fundierung. Mittel- und langfristig sollte ebenfalls die Akzeptanz der Bevölkerung gegenüber AVM für den Verkehrsträger Wasser erfasst werden. Hier bringen die sich aktuell in der Entwicklung befindlichen automatisierten Personenfähren die Gesellschaft erstmals für sie erkenntlich in Kontakt mit AVM. Wichtig zu erwähnen ist an dieser Stelle auch, dass sich die verfügbaren Arbeiten sämtlich auf die Seefahrt beziehen. Studien aus dem Bereich der Binnenschifffahrt fehlen bisher.

5 Zusammenfassende Betrachtung der Übereinstimmungen und Widersprüche der Studien

Hinsichtlich der Methodik der vorliegenden Arbeit ist anzumerken, dass die Studien unterschiedliche und nicht immer diagnostische Keywords, insbesondere bei interdisziplinären Arbeiten, nutzten. Dies erschwerte die Suche nach passenden Arbeiten und birgt das Risiko, dass nicht jede Arbeit, die für diesen Überblick relevant sein könnte, auch gefunden wurde. Insgesamt kann von einer durchmischten Qualität der eingeschlossenen Studien gesprochen werden. In der Tendenz sind die Arbeiten im guten Bereich. Limitationen bestehen beispielsweise in der Generalisierbarkeit der Studienergebnisse durch sehr homogene beziehungsweise kleine Stichproben in Beobachtungen und Experimenten.

Weiterhin ist der Akzeptanzbegriff zumeist nicht mit einem theoretischen Modell verbunden und wird mit den Konzepten der Nutzung oder der Nutzungsintention vereinfachend gleichgesetzt. Zusätzliche Einflussvariablen wie bspw. Vertrauen und Technikaffinität werden ebenfalls nicht zusammen mit der Akzeptanz betrachtet. Das erschwert das verkehrsträgerübergreifende Verständnis von Einflüssen auf die Technologieakzeptanz von AVM.

Deutlich wurde, dass es für den Verkehrsträger Straße im untersuchten Zeitraum sehr viel mehr Forschung als zu AVM bei anderen Verkehrsträgern gibt. Möglicherweise liegt das daran, dass es in diesem Bereich eine direkte Verbindung von der Technologie zur Nutzenden-Gruppe der Privatpersonen gibt. Professionelle Operateure (aller Verkehrsträger) scheinen im Allgemeinen eine hohe Akzeptanz von AVM zu haben. Augenscheinlich ist der Bedarf nach Akzeptanzforschung hier nicht vorhanden, weil Automatisierungslösungen ohnehin z. B. zur Effizienzsteigerung eingeführt werden. Modellgeleitete, umfassende Akzeptanzforschung ist dennoch zu empfehlen, da mangelnde Akzeptanz sich unter Umständen auch in der falschen oder unzureichenden Nutzung bis hin zur Nicht-Nutzung automatisierter Systeme widerspiegeln kann. Dies würde dazu führen, dass die Sicherheits- und Effizienzpotenziale, die für AVM angenommen werden, nicht realisiert werden können.

Für die Gruppe der privaten AVM-Nutzenden stellt sich die Frage nach der Notwendigkeit von Akzeptanzforschung anders als für die professionell Nutzenden. Wenn AVM nicht als Alternative mit Wahlmöglichkeit, sondern als Ersatz von bestehenden, nicht- oder weniger stark automatisierten Mobilitätsangeboten eingeführt wird, dann kann es sein, dass Nutzende die Technologie trotz geringer Akzeptanz benutzen müssen. Beispielhaft sind hier vollautomatisierte U-Bahnen zu nennen. Ohne Wahlmöglichkeit zwischen zwei Alternativen mit mehr oder weniger Automatisierung, müssen diese ÖPNV-Systeme genutzt werden. Sobald sich nach ihrer Einführung eine Alternative auftut, könnte sich die geringe Akzeptanz auch in verringerten Nutzungshäufigkeiten niederschlagen. Vorausschauende und begleitende Akzeptanzforschung kann helfen, derartige Effekte zu vermeiden.

Gemeinsam ist den Verkehrsträgern Straße und Schiene, dass in beiden Bereichen eine mehrstufige Taxonomie für die Klassifizierung von AVM entwickelt wurde und zur Beschreibung der Systeme genutzt wird. Dies erleichtert die genaue Beschreibung der evaluierten Automatisierung sowie den Überblick über die bestehende Forschungslage. Für die Verkehrsträger Wasser und Luft ist keine derartige Taxonomie verbreitet. Hier stehen in den Studien eher einzelne Automatisierungslösungen im Vordergrund.

In wenigen Untersuchungen, z. B. für AVM für die Verkehrsträger Straße und Luft, werden bereits negative Effekte von zu hoher Akzeptanz angesprochen. Überhöhte Akzeptanz kann zu unkritischer und falscher Verwendung von AVM führen. In der Literatur zur Automatisierung von technischen Systemen werden diese Herausforderungen allerdings seit Längerem unter dem Konzept Automationsvertrauen diskutiert (z. B. Lee & See, 2004). Da die beiden Konzepte Akzeptanz und Vertrauen anstreben, die Nutzungsintention und die tatsächliche Nutzung von AVM zu erklären, wird hier wiederholt deutlich, dass es einer theoretischen Auseinandersetzung mit diesen Konstrukten bedarf, um ein genaues Bild ihres Zusammenwirkens auf die

Nutzung von AVM zu bekommen.

Abschließend wird deutlich, dass der momentane Forschungsstand noch große Lücken bezüglich der Akzeptanz unbeteiligter Personen und heterogener Personengruppen aufweist. Ebenfalls finden sich zu den Themenfeldern V2V- und V2I-Kommunikation keine expliziten Akzeptanzuntersuchungen.

Der nachfolgende Abschnitt fasst die bereits beforschten Themenbereiche pro Verkehrsträger stichpunktartig zusammen und leitet kurz-, mittel- und langfristige Forschungsbedarfe ab. Dafür wurden die Hauptkenntnisse der in Kapitel 4 dargestellten Arbeiten in einem Expertenworkshop von zwei Experten für die Akzeptanz von AVM der Verkehrsträger Straße und Luft bewertet und ergänzt. Auf Basis der Expertenbewertungen wurden die Forschungsbedarfe in die Bereiche kurz-, mittel- und langfristig unterteilt.

5.1 Forschungsstände und -bedarfe für den Verkehrsträger Straße

Für den Verkehrsträger Straße wurden die folgenden Fragestellungen bereits beforscht:

- Befragungen von und experimentelle Studien mit Operateuren (Fahrenden) zur Akzeptanz einzelner automatisierter Systeme wie bspw. dem Autobahn- und Parkassistenten
- Befragungen teils a priori, d. h., ohne praktische Erfahrung
- Starke Verbindung von Vertrauen und Akzeptanz
- Feldtests zur Akzeptanz autonomer Systeme, z. B. autonomer Shuttles mit dem Ziel, Shuttles/Taxis erlebbar zu machen
- Teils sehr große Stichproben / internationale Vergleiche bei (Online-)Umfragen
- Experimentelle Arbeiten oft in Settings mit Übernahmeaufforderungen (Takeover Request) in kritischen Situationen
- Lkw- und Individuell-Fahrende untersucht
- Einsatz und Überprüfung von theoretischen Akzeptanzmodellen

Basierend auf der Literaturübersicht ergeben sich folgende Forschungsbedarfe:

Kurzfristig

- Akzeptanzforschung vor und nach Erfahrung von L2/L3-Systemen in der Realität (ggf. auch mit longitudinalen Studiendesigns)
- Veränderung der Akzeptanz durch HMI-Design
- Untersuchung der Akzeptanz bei „Normalbetrieb“, d. h. abseits von kritischen Fahrsituationen

Mittelfristig

- Akzeptanzforschung vor und nach Erfahrung von > L3-Systemen in der Realität mit realistischeren Rahmenbedingungen, z. B. Geschwindigkeiten
- Longitudinale Studiendesigns, die längerfristigen Umgang mit der Technologie im realen Straßenverkehr erheben
- Veränderung der Akzeptanz durch Teleoperation
- Untersuchung der Auswirkungen von Mischverkehr im Feld
- Akzeptanz hinsichtlich unbeteiligter Personen

Langfristig

- Begleitung der Dissemination von L3-Fahrzeugen (und höher)

5.2 Forschungsstände und -bedarfe für den Verkehrsträger Schiene

Für den Verkehrsträger Schiene wurden die folgenden Fragestellungen bereits beforscht:

- Wenige Befragungen zur Akzeptanz autonomer (vollautomatisierter) Fern- und Nahverkehrszüge sowie der Metro, z. B. U-Bahn

- Befragungen von Zugführer*innen, Personal in Leitwarten und (potenziellen) Reisenden
- Wenige Beobachtungsstudien

Basierend auf der Literaturübersicht ergeben sich folgende Forschungsbedarfe:

Kurzfristig

- Befragungen zur Akzeptanz mit heterogenen Stichproben (aktuell oft hoher Männeranteil mit gleichzeitig vorhandenem Vorwissen)
- Befragungen des Zugpersonals außer Lokführer*innen
- Maßnahmen zur Wissensvermittlung bzgl. autonomer Züge zur Vermeidung geringer Akzeptanz
- Effekte von Alter und weiteren Einflussvariablen wie bspw. Technikaffinität
- Akzeptanzstudien auf Basis von Akzeptanzmodellen

Mittelfristig

- Maßnahmen zur Senkung der Vorbehalte gegenüber Automatisierung im personen gebundenen Schienenverkehr (teils Ablehnungsquoten von bis zu 27 % und Akzeptanzraten von 9-40 %)
- Ggf. größere Stichproben (> 24) bei Fachpersonal
- Bedarf nach mehr Studien, die Personen explizit Erfahrungen mit der Technologie machen lassen

Langfristig

- Querschnittsstudien im Feld zur Erfassung der Akzeptanz vollautomatisierter Züge im Nah- und Fernverkehr mit Prototypen und Vorserienfahrzeugen für Versuchspersonengruppen mit unterschiedlichen Eigenschaften, z. B. Alter, Geschlecht, Technikaffinität, etc.
- Längsschnittstudien zur Veränderung der Akzeptanz über die Zeit

5.3 Forschungsstände und -bedarfe für den Verkehrsträger Luft

Für den Verkehrsträger Luft wurden die folgenden Fragestellungen bereits beforscht:

- Befragungen von und experimentelle Studien mit Operateuren (Pilot*innen, Lotsen) zur Akzeptanz einzelner automatisierter Systeme
- Technologie-Akzeptanz-Modell (TAM) zur Bestimmung der Akzeptanz von automatisierter Assistenz eingesetzt
- A priori Befragungen zur Nutzung von Urban Air Mobility, z. B. Drohnen
- Akzeptanz von automatischen Systemen bzgl. des Verlusts von Flugkompetenzen
- Akzeptanz von Fluglotsen für automationsunterstützte Routenempfehlungen

Basierend auf der Literaturübersicht ergeben sich folgende Forschungsbedarfe:

Kurzfristig

- Akzeptanzforschung stärker auf Modellen basieren und dadurch mehr Einflussvariablen berücksichtigen
- Untersuchungen mit Fokus auf Situationen im realen Flugbetrieb mit vielen gleichzeitig aktivierten automatischen Systemen

Mittelfristig

- Akzeptanz von Personendrohnen, wenn diese auch „erlebt“ werden können, nicht nur a priori
- Single Pilot Operation
- Akzeptanzforschung zu den nicht-interaktionsbezogenen Charakteristika der Technologie, z. B. Lärm

- Akzeptanzforschung mit anderen Zielgruppen, z. B. Passagieren
- Studien zu vollautomatisierten Systemen bei Strecken- und Towerlotsen

Langfristig

- Arbeiten zu Akzeptanz notwendiger Änderungen der Infrastruktur, um Systeme der AVM (z. B. Personendrohnen) umsetzen zu können
- No-Pilot Operation

5.4 Forschungsstände und -bedarfe für den Verkehrsträger Wasser

Für den Verkehrsträger Wasser wurden die folgenden Fragestellungen bereits beforscht:

- Lange Geschichte der Automatisierung (Autopilot, Transponder), doch nur sehr wenige Studien
- Befragung von Operateuren (z. B. Navigationsoffiziere) im Schiffsverkehr zur Automatisierung bei der Navigation, z. B. Software für Kurskorrektur

Basierend auf der Literaturübersicht ergeben sich folgende Forschungsbedarfe:

Kurzfristig

- Unterschiedliche Zielgruppen, z. B. Operateure, Passagiere
- Negative Automationsfolgen, z. B. Workload, Kompetenzverlust
- Verständlichkeit der Automatisierungsfunktionen
- Modellgeleitete Akzeptanzforschung

Mittelfristig

- Standardisierung von Einzelkomponenten und Konfigurierbarkeit von Alarmen und Displays
- Akzeptanz im Mischverkehr

Langfristig

- Akzeptanzforschung mit „erlebbar“ automatisierten Systemen, z. B. Personen- und Personen-Fahrzeugfähren
- Akzeptanz autonomer Schiffe

6 Management Summary

Hintergrund – Worum geht es?

Die Akzeptanz automatisierter und vernetzter Mobilitätslösungen wird als wesentlicher Erfolgsfaktor dieser Technologien angesehen.

Ziele – Welche Ziele werden verfolgt?

- Überblick über Stand der Forschung im Bereich automatisierter und vernetzter Mobilität (AVM) für die vier Verkehrsträger Straße, Schiene, Luft und Wasser
- Ableitung kurz-, mittel- und langfristiger Forschungsbedarfe

Hauptergebnisse – Welche Hauptergebnisse wurden durch die Literaturübersicht erarbeitet?

- Sprunghafter Anstieg der Forschungs- und Publikationstätigkeit zur Akzeptanz von AVM in der letzten Dekade
- Viel Forschung für die Verkehrsträger Straße und Luft
- Forschungsbedarfe (kurzfristig / mittelfristig / langfristig) sind spezifisch für den jeweiligen Verkehrsträger

Handlungsoptionen

- Erforschung von Akzeptanz von AVM-Lösungen für Verkehrsträger, die bisher wenig beforscht wurden wie Wasser und Schiene



- Erarbeitung einer einheitlichen theoretischen Grundlage für die verkehrsträgerübergreifende Erforschung der Akzeptanz von AVM-Lösungen
- Fokus auf Forschungsprojekte, die AVM für die Zielgruppe erlebbar machen, z. B. im Rahmen von Demonstratoren oder Feldtests

7 Anhänge

7.1 Vollständige Liste der verwendeten Schlüsselworte

Die Schlüsselworte wurden einzeln und in Kombination verwendet. Die vier Verkehrsträger wurden durch die Schlüsselworte vehicle, car (Straße); vessel, ship (Wasser); drone, airplane, aircraft (Luft); und rail, railway, train (Schiene) abgebildet.

- Germany / Europe
- Automated Vehicles
- Highly-Automated Vehicles
- Autonomous Vehicles
- Automation
- Acceptance
- Vehicle-to-Vehicle communication (V2V)
- Vehicle-to-Infrastructure communication (V2I)
- Vernetzte Mobilität
- Connected Mobility
- Internet of Vehicles (IoV)
- Reallabore (Real World Labs)
- Teleoperation
- Public Transport

7.2 Tabellarische Übersicht über die berücksichtigten Studien

Studie	Stichprob (ggf. Charakteristika)	Alter	Geschlecht	Verkehrsträger	Automatisierungsgrad	Methode	Besonderheiten / Interessante Ergebnisse
Payre et al. 2014	421	M: 40,2 Jahre; SD: 15,9	36 % Männer, 64 % Frauen	Straße	Bedingt Automatisiert	Befragung	68% der Befragten akzeptierten Fahrzeugautomatisierung a priori. Gewünschte Nutzungskontexte sind Autobahnfahrten, Stau, Einparken. Interesse an Automatisierung zum Ausgleich von Einschränkungen durch Drogen, Müdigkeit und Alkohol.
Fraedrich et al. 2016	1.000	Häufigste Kategorien: 30-49 (34%) und 50-64 (32%)	44 % Männer, 56 % Frauen	Straße	Bedingt Automatisiert (L3) bis Vollautomatisiert (L5)	Befragung	Repräsentative Stichprobe, Erfassung der allgemeinen Einstellung zur Fahrzeugautomatisierung (Teil 1) und Use Case (z. B. Autobahn- oder Parkpilot) orientierte Fragen (Teil 2). Interesse an Automatisierung einzelner Funktionen aber Vorbehalte gegenüber Vollautomatisierung.
Nordhoff et al. 2018	7.755	M: 32,49 Jahre; SD: 10,53	69 % Männer, 31 % Frauen	Straße	Vollautomatisiert (L5)	Befragung	Höheres BIP -> Niedrigere Akzeptanz selbstfahrender Fahrzeuge. Nützlichkeit und andere Variablen wichtiger als Demographie.
Fraedrich & Lenz 2014	636 (Kommentare)	NA	NA	Straße	Teil- (L2) bis Vollautomatisiert (L5)	Kommentarwertung	Für Akzeptanz positive Aspekte: Steigerung der erwarteten Sicherheit, Zuverlässigkeit, Flexibilität und Komfort. Negativ: Erwarteter Verlust von Freiheit und Kontrolle beim Fahren.
Werneke et al. 2014	24	M: 29,1 Jahre; SD: 11,6; Spanne: 21-61	54 % Männer, 46 % Frauen	Straße	Mind. Teilautomatisiert (L2)	Fahrsimulation	Akzeptanz hängt deutlich von der Auslegung der Fahrzeugautomation ab.
Körper et al. 2018	40	M: 25,20 Jahre; SD: 2,60	50 % Männer, 50 % Frauen	Straße	Bedingt Automatisiert (L3)	Experiment	Eine Begründung von Übernahmeaufforderungen erhöht die Akzeptanz nicht. Wurde das Systems vorher erklärt, führten die Begründungen aber zu besserem Verstehen der Übergabe-Gründe.
Kühn et al. 2017	60	Spanne: 20 - 76	63 % Männer, 37 % Frauen	Straße		Experiment	Probanden erwarten, a) dass bestimmte Teilaspekte wie der Autobahn-pilot in naher Zukunft automatisiert werden und b) die Fahrzeuge nur bedingt mit der Infrastruktur und anderen Autos vernetzt sind.

Buckley et al. 2018	74	M: 42,8 Jahre; SD: 12,9	49 % Männer, 51 % Frauen	Straße	Bedingt Automatisiert (L3)	Exposition	Befragung nach Exposition am Fahrsimulator, stringente Orientierung an Theory of Planned Behavior (Ajzen, 1991).
Schrauth et al. 2021	5827 gesamt (866 Deutschland)	M: 44,69 Jahre; SD: 16,44	50 % Männer, 50 % Frauen	Straße	Bedingt Automatisiert (L3)	Befragung	Insgesamt überwiegen positive Aspekte selbst-fahrender Fahrzeuge gegenüber negativen. Akzeptanz hängt mit Vertrauen und individueller Offenheit für Innovationen zusammen. Deutsche haben niedrigere Akzeptanz als Probanden anderer Länder.
Nastjuk et al. 2020	316	häufigste Kategorie: 18-25, Spanne: 18 - 70	67 % Männer, 33 % Frauen	Straße	Vollautomatisiert (L5)	Befragung	Untersuchung orientierte sich am Technology Acceptance Modell (TAM) und prüfte es auf Lücken mittels semistrukturierter Interviews vor der Hauptbefragung.
Zoellick et al. 2019	125	M: 33 Jahre; SD: 16,35	50 % Männer, 50 % Frauen	Straße	Hoch Automatisiert (L4)	Befragung + Exposition	Enger Zusammenhang von Akzeptanz, wahrgenommener Sicherheit, Vertrauen und der Nutzungsabsicht, der teilweise den Zusammenhang von Geschlecht und Nutzungsabsicht erklären könnte.
Nordhoff et al. 2021	340	M: 31,34 Jahre; SD: 11,27;	44 % Männer, 48 % Frauen, 8 % NA	Straße	Hoch Automatisiert (L4)	Befragung + Exposition	Eingeschätzte Kompatibilität des automatisierten Fahrzeugs mit persönlichen Routinen, Notwendigkeiten und Werten weist die beste Vorhersage für die Nutzungsabsicht auf.
Castritius et al. 2020	33 (Operateure)	M: 39 Jahre	NA	Straße	Teilautomatisiert (L2)	Exposition + Interview	Akzeptanz von Platooning seitens Kraftfahrpersonal unter Einbeziehung der Exposition.
Eick & Debus 2005	39	NA	50 % Männer, 50 % Frauen	Straßen	Mind. Teilautomatisiert (L2)	Experiment	Experimentelle Untersuchung zur Bewertung von automatischen Highway Systemen (Platooning) durch Laien; diese kritisierten das System vor allem hinsichtlich Aufmerksamkeit und Ermüdung.
Dikmen & Burns 2016	121	häufigste Kategorie: 35-44; Spanne 16-65	94 % Männer, 6 % Frauen	Straße	Teilautomatisiert (L2)	Befragung von Nutzenden	Befragung von Nutzenden, die teilautomatisierte Systeme im Alltag gebrauchen, daher sehr praxisnah.
Eden et al. 2017	17	NA	NA	Straßen	Vollautomatisiert (L5)	Befragung + Exposition	Untersuchung eines autonomen Bus-Systems, realitätsnahe Arbeit zu vollautomatisierter öffentlicher Mobilität.

Morast et al. 2022	530	M: 39,65 Jahre; SD: 16,47	74 % Männer, 25 % Frauen; 1 % NA	Schiene	Vollautomatisiert	Befragung	Große Stichprobe, die Hintergrundwissen über die Technologie einbezog; das Car Technology Acceptance Modell wurde auf Züge adaptiert.
Fraszczyk et al. 2015	50 (Fachkundige)	Spanne: 17-62; 75% unter 30	72 % Männer, 28 % Frauen	Schiene	Vollautomatisiert	Befragung	Personen mit Fachkenntnissen bzgl. potenziell negativer Konsequenzen automatisierter Zugsysteme.
Pakusch & Bossauer 2017	201	M: 26,2 Jahre; Spanne: 18-80	51 % Männer, 49 % Frauen	Schiene	Vollautomatisiert	Befragung	Umfangreiche Stichprobe und expliziter Vergleich von Personen, die bereits Nutzungserfahrungen hatten mit Personen ohne Erfahrung.
Balfe et al. 2018	21 (Operateure)	NA	100 % Männer	Schiene	Teilautomatisiert	Befragung + Beobachtung	Bewertung und Auswirkungen von Automatisierung für den Arbeitsbetrieb bei Operateuren von Signalstationen.
Fraszczyk & Mulley 2017	219	NA	46 % Männer, 53 % Frauen, 1 % NA	Schiene	Vollautomatisiert	Befragung	Befragung zu autonomen Metrosystem; Gegenüberstellung der Positionen von Metronutzenden und Nicht-Nutzenden hinsichtlich potenzieller Anreize beim autonomen Betrieb.
Wahlström 2017	913	M: 20-29 Jahre	48 % Männer, 52 % Frauen	Schiene	Vollautomatisiert	Befragung + Presseauswertung	Große Stichprobenuntersuchung im Metrobereich; Befragung mit Auswertung der Medienresonanz kombiniert.
Rudisill 1995	443 (Crew)	M: 42 Jahre	NA	Luft	Mind. Teilautomatisiert	Kommentarerauswertung	Frühe, umfangreiche Sammlung von Feedback seitens verschiedener Crewmitglieder zum Umgang mit Assistenzsystemen.
Davis et al. 1991	5 (Operateure)	NA	NA	Luft	Mind. Teilautomatisiert	Exposition + Befragung	Relativ frühe Arbeit; Proband*innen (Lotsen) konnten lange mit dem System interagieren; Auswirkungen auf Workload betrachtet.
Bowers et al. 1995	30 (Operateure)	M: 20 Jahre	NA	Luft	Mind. Teilautomatisiert	Experiment	Untersuchung der Auswirkung von Automation im Cockpit auf die Kommunikation der Crew.
Richardson et al. 2019	142 (Operateure)	NA	NA	Luft	Teilautomatisiert	Experiment	Untersuchung von neuartigem System zur Vermeidung von Bodenkollisionen bzgl. Bedienbarkeit, Training; Bezug zu Technology Acceptance Modell (TAM).
Le Goff et al. 2018	40	M: 25,78 Jahre; SD: 4,95	45 % Männer, 55 % Frauen	Luft	Mind. Teilautomatisiert	Experiment	Einfluss der Bereitstellung zusätzlicher Informationen wie Handlungsvorschläge des Assistenzsystems auf die Akzeptanz und Nutzung.

Feltman et al. 2018	214 (Operateure)	M: 33 Jahre	95 % Männer, 4 % Frauen; 1 % NA	Luft	Mind. Teilautomatisiert	Befragung	Befragung erfahrener Army-Pilot*innen; Ergebnis: Assistenzsystemen wird mit zunehmender Flugerfahrung und in Sicherheitsfragen eher misstraut.
Callantine et al. 2012	NA (Lotsen)	NA	NA	Luft	Mind. Teilautomatisiert	Experiment	Untersuchung an Operateuren in der Luftverkehrsregelung, eher Exploration hinsichtlich Bedienbarkeit/Verständlichkeit.
Evans et al. 2018	544 (Observationen bei Lotsen)	NA	NA	Luft	Mind. Teilautomatisiert	Data-Mining	Reaktion von Operateuren auf Navigationsvorschläge von Luftrouten, die durch Data-Mining generiert wurden.
MacSween-George 2013	120	NA	NA	Luft	Vollautomatisiert	Befragung	Frühe Studie zur Einstellung gegenüber autonomen Flugzeugen und Drohnen bei potenziellen Nutzenden.
Fu et al. 2019	248	häufigste Kategorie: 26-35 Jahre; Spanne 18-65	49 % Männer, 51 % Frauen	Luft	Vollautomatisiert	Befragung	Stark prospektive Untersuchung an großer deutscher Stichprobe potenzieller Nutzender.
Al Haddad et al. 2019	221	häufigste Kategorie: 45,7%, Spanne: 25-34	56 % Männer, 43 % Frauen, 1 % NA	Luft	Vollautomatisiert	Befragung	Prospektive Untersuchung mit Betrachtung von verschiedenen Einflussfaktoren wie Einkommen, Kosten, Sicherheit, Verlässlichkeit.
Clothier et al. 2015	710	Spanne 18-65	NA	Luft	Vollautomatisiert	Befragung	Vergleich der wahrgenommenen Risiken bei konventionellen Flugzeugen und Drohnen.
Aylward et al. 2020	16 (Operateure)	NA	81 % Männer, 9 % Frauen	Wasser	Mind. Teilautomatisiert	Exposition	Untersuchung an Operateuren im Bereich Schiffsnavigation; Workload als bedeutende Einflussgröße.
Kataria et al. 2015	24 (Operateure)	NA	NA	Wasser	Mind. Teilautomatisiert	Interviews	Untersuchung im Rahmen des Crew Centered Designs.
Aylward et al. 2022	19 (Operateure)	häufigste Kategorie 18-24 Jahre, n = 6	100 % Männer	Wasser	Mind. Teilautomatisiert	Experiment	Studie an Navigatoren; positive Befunde hinsichtlich Visualisierung des eingesetzten Systems.

Anmerkung: Spanne = Altersspanne. Stichprobencharakteristika werden nur berichtet, wenn es sich nicht um privat Fahrende handelt.

7.3 Zusätzliche Quellen für Studien und Publikationen

7.3.1 Arbeitsgruppen / Institute

- Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, DLR, Arbeitsgruppe Rail Human Factors
- Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, DLR, Institut für Verkehrssystemtechnik
- Deutsche Flugsicherung, z. B. mit den LuFo-Projekten zu bspw. Themen wie Automatisierung für Towerlotsen
- Car2car communication consortium, e-mobilBW, Bitkom, technisch sehr versiert, aber oft keine Akzeptanz erhoben
- C-Roads: Akzeptanzerhebung mit qualitativen Methoden, eher Methodikbeschreibung als Ergebnisse
- BAST: Bisher lediglich eine Car-to-Environment Kommunikations-Studie ohne Akzeptanzerfassung
- Schweizer Bundesbahn
- Universität Gustav Eiffel Paris

7.3.2 Konferenzen

- HFES Europe
- German Workshop on Rail Human Factors
- ITS World Congress
- ITSNationals
- Intertraffic
- TransNav
- Rail Human Factors Germany und London (Konferenz in London ist führend)
- Era conference

8 Literaturverzeichnis

Al Haddad, C., Chaniotakis, E., Straubinger, A., Plötner, K., & Antoniou, C. (2020). Factors affecting the adoption and use of urban air mobility. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 132, 696–712. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.12.020>

Aylward, K., Johannesson, A., Weber, R., MacKinnon, S. N., & Lundh, M. (2020). An evaluation of low-level automation navigation functions upon vessel traffic services work practices. *WMU Journal of Maritime Affairs*, 19(3), 313–335. <https://doi.org/10.1007/s13437-020-00206-y>

Aylward, K., Weber, R., Lundh, M., MacKinnon, S. N., & Dahlman, J. (2022). Navigators' views of a collision avoidance decision support system for maritime navigation. *Journal of Navigation*, 1–14. <https://doi.org/10.1017/S0373463322000510>

Balfe, N., Sharples, S., & Wilson, J. R. (2018). Understanding Is Key: An Analysis of Factors Pertaining to Trust in a Real-World Automation System. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 60(4), 477–495. <https://doi.org/10.1177/0018720818761256>

Bowers, C., Deaton, J., Oser, R., Prince, C., & Kolb, M. (1995). Impact of Automation on Aircrew Communication and Decision-Making Performance. *The International Journal of Aviation Psychology*, 5(2), 145–167. https://doi.org/10.1207/s15327108ijap0502_2

Buckley, L., Kayne, S.-A., & Pradhan, A. K. (2018). Psychosocial factors associated with intended use of automated vehicles: A simulated driving study. *Accident Analysis & Prevention* (115), 202–208. DOI: 10.1016/j.aap.2018.03.021

- Callantine, T., Cabrall, C., Kupfer, M., Mercer, J., & Prevot, T. (2012, September 17). Initial Investigations of Controller Tools and Procedures for Schedule-Based Arrival Operations with Mixed Flight-Deck Interval Management Equipage. 12th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations (ATIO) Conference and 14th AIAA/ISSMO Multidisciplinary Analysis and Optimization Conference. 12th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations (ATIO) Conference and 14th AIAA/ISSMO Multidisciplinary Analysis and Optimization Conference, Indianapolis, Indiana. <https://doi.org/10.2514/6.2012-5673>
- Castritius, S.-M., Hecht, H., Möller, J., Dietz, C. J., Schubert, P., Bernhard, C., Morvilius, S., Haas, C. T., & Hammer, S. (2020). Acceptance of truck platooning by professional drivers on German highways. A mixed methods approach. *Applied Ergonomics*, 85, 103042. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2019.103042>
- Clothier, R.A., Greer, D.A., Greer, D.G. & Mehta, A. (2015). Risk Perception and the Public Acceptance of Drones. *Risk Analysis* (35)6. 1167-1183. DOI: 10.1111/risa.12330
- Davis, F. D. (1986). A technology acceptance model for empirically testing new end-user information systems: Theory and results [PhD Thesis]. Massachusetts Institute of Technology.
- Davis, T. J., Erzberger, H., Green, S. M., & Nedell, W. (1991). Design and evaluation of an air traffic control Final Approach Spacing Tool. *Journal of Guidance, Control, and Dynamics*, 14(4), 848-854. <https://doi.org/10.2514/3.20721>
- Dikmen, M. & Burns, C.M. (2016). *Autonomous Driving in the Real World: Experiences with Tesla Autopilot and Summon*. ACM Press. 225-228. DOI: 10.1145/3003715.3005465
- Eden, G., Nanchen, B., Ramseyer, R., & Evéquo, F. (2017). Expectation and Experience: Passenger Acceptance of Autonomous Public Transportation Vehicles. In R. Bernhaupt, G. Dalvi, A. Joshi, D. K. Balkrishan, J. O'Neill, & M. Winckler (Hrsg.), *Human-Computer Interaction – INTERACT 2017* (Bd. 10516, S. 360-363). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-68059-0_30
- Eick, E.-M., & Debus, G. (2005). Adaptation Effects in an Automated Car-Following Scenario. In *Traffic and Transport Psychology* (S. 243-255). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-008044379-9/50175-8>
- Evans, A. D., Lee, P., & Sridhar, B. (2018). Predicting the operational acceptance of airborne flight reroute requests using data mining. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 96, 270-289. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2018.09.024>
- Faas, S.M., Kraus, J., Schoenhals, A., & Baumann, M. (2021). Calibrating Pedestrians' Trust in Automated Vehicles: Does an Intent Display in an External HMI Support Trust Calibration and Safe Crossing Behavior? *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. DOI: 10.1145/3411764.3445738
- Feltman, K. A., Kelley, A. M., & Curry, I. P. (2018). Army Aviators' Perceptions of Advanced Cockpit Aircraft. *Aerospace Medicine and Human Performance*, 89(12), 1080-1084. <https://doi.org/10.3357/AMHP.5175.2018>
- Fraedrich, E., & Lenz, B. (2014). Automated Driving: Individual and Societal Aspects. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2416(1), 64-72. <https://doi.org/10.3141/2416-08>
- Fraedrich, E., Cyganski, R., Wolf, I., & Lenz, B. (2016). User Perspectives on Autonomous Driving: A Use-Case-Driven Study in Germany. *Arbeitsbericht 187*. Humboldt Universität zu Berlin.
- Fraszczyk, A., & Mulley, C. (2017). Public Perception of and Attitude to Driverless Train: A Case Study of Sydney, Australia. *Urban Rail Transit*, 3(2), 100-111. <https://doi.org/10.1007/s40864-017-0052-6>
- Fraszczyk, A., Brown, P., & Duan, S. (2015). Public Perception of Driverless Trains. *Urban Rail Transit* (2)1. 78-86. DOI 10.1007/s40864-015-0019-4
- Fu, M., Rothfeld, R., & Antoniou, C. (2019). Exploring Preferences for Transportation Modes in an Urban

- Air Mobility Environment: Munich Case Study. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2673(10), 427–442. <https://doi.org/10.1177/0361198119843858>
- Gasser, T.M., Arzt, C., Ayoubi, M., Bartels, A. (2012). Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung: gemeinsamer Schlussbericht der Projektgruppe. *Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen. Fahrzeugtechnik*, F 83, Wirtschaftsverlag NRW, Bremerhaven.
- Kataria, A., Praetorius, G., Schröder-Hinrichs, J.-U., & Baldauf, M. (2015). Making the case for Crew-Centered Design (CCD) in merchant shipping. *Proceedings 19th Triennial Congress of the IEA, Melbourne 9-14 August 2015*, 9.
- Körber, M., Prasch, L., & Bengler, K. (2018). Why Do I Have to Drive Now? Post Hoc Explanations of Takeover Requests. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 60(3), 305–323. <https://doi.org/10.1177/0018720817747730>
- Kühn, M., Vogelpohl, T., & Vollrath, M. (2017). Takeover Times In Highly Automated Driving (level 3). *25th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV)*. 1-11.
- Lee, J. D., & See, K. A. (2004). Trust in automation: Designing for appropriate reliance. *Human Factors* 46(1). 50-80.
- Le Goff, K., Rey, A., Haggard, P., Oullier, O., & Berberian, B. (2018). Agency modulates interactions with automation technologies. *Ergonomics*, 61(9), 1282–1297. <https://doi.org/10.1080/00140139.2018.1468493>
- MacSween-George, S. L. (2003). Will the public accept UAVs for cargo and passenger transportation? *2003 IEEE Aerospace Conference Proceedings (Cat. No.03TH8652)*, 1, 1–367. <https://doi.org/10.1109/AERO.2003.1235066>
- Morast, A., Voß, G. M. I., Dautzenberg, P. S. C., Urban, P., & Nießen, N. (2022a). A Survey on the Acceptance of Unattended Trains. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4010336>
- Morast, A., Voß, G. M. I., Dautzenberg, P. S. C., Urban, P., & Nießen, N. (2022b). A Survey on the Acceptance of Unattended Trains. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4010336>
- Nastjuk, I., Herrenkind, B., Marrone, M., Brendel, A. B., & Kolbe, L. M. (2020). What drives the acceptance of autonomous driving? An investigation of acceptance factors from an end-user's perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, 161, 120319. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120319>
- Nordhoff, S., de Winter, J., Kyriakidis, M., van Arem, B., & Happee, R. (2018). Acceptance of Driverless Vehicles: Results from a Large Cross-National Questionnaire Study. *Journal of Advanced Transportation*, 2018, 1–22. <https://doi.org/10.1155/2018/5382192>
- Nordhoff, S., Malmsten, V., van Arem, B., Liu, P., & Happee, R. (2021). A structural equation modeling approach for the acceptance of driverless automated shuttles based on constructs from the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology and the Diffusion of Innovation Theory. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 78, 58–73. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2021.01.001>
- Osswald, S., Wurhofer, D., Trösterer, S., & Beck, E. (2012). Predicting information technology usage in the car: towards a car technology acceptance model. *Automotive UI'12*. October 17–19, Portsmouth, NH, USA.
- Pakusch, C., & Bossauer, P. (2017). User Acceptance of Fully Autonomous Public Transport: Proceedings of the 14th International Joint Conference on e-Business and Telecommunications, 52–60. <https://doi.org/10.5220/0006472900520060>
- Payre, W., Cestac, J., & Delhomme, P. (2014). Intention to use a fully automated car: Attitudes and a priori acceptability. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour* (27). 252–263.

- Richardson, C., Truong, D., & Choi, W. J. (2019). Examination of Factors Related to Pilot Acceptance Behaviors Toward the Automatic Ground Collision Avoidance System in Fighter Aircraft Operations. *The International Journal of Aerospace Psychology*, 29(1-2), 28-41. <https://doi.org/10.1080/24721840.2019.1596745>
- Rudisill, M. (1995). Line Pilots' Attitudes about and experience with flight deck automation: Results of an international survey and proposed guidelines. *Proceedings of the Eighth International Symposium on Aviation Psychology*, 6.
- SAE (2021). Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles (J3016). https://www.sae.org/standards/content/j3016_202104/
- Schrauth, B., Funk, W., Maier, S., & Kraetsch, C. (2021). The acceptance of conditionally automated cars from the perspective of different road user groups. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 81-103 Pages. <https://doi.org/10.18757/EJTIR.2021.21.4.5466>
- Venkatesh, V., & Davis, F. D. (2000). A Theoretical Extension of the Technology Acceptance Model: Four Longitudinal Field Studies. *Management Science*, 46(2), 186-204. <https://doi.org/10.1287/mnsc.46.2.186.11926>
- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. *MIS Quarterly*, 27(3), 425-478. <https://doi.org/10.2307/30036540>
- Venkatesh, V., Thong, J. Y. L., & Xu, X. (2012). Consumer Acceptance and Use of Information Technology: Extending the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology. *MIS Quarterly*, 36(1), 157-178. <https://doi.org/10.2307/41410412>
- Wahlström, M. (2017). How to study public imagination of autonomous systems: The case of the Helsinki automated metro. *AI & SOCIETY*, 32(4), 599-612. <https://doi.org/10.1007/s00146-017-0689-4>
- Werneke, J., Kleen, A., & Vollrath, M. (2014). Perfect Timing: Urgency, Not Driving Situations, Influence the Best Timing to Activate Warnings. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 56(2), 249-259. <https://doi.org/10.1177/0018720813490728>
- Wright, R.G. (2022). Why autonomous vessels? Factors driving the trend towards autonomous ships. *Proceedings of the Marine Safety & Security Council. The Coast Guard Journal of Safety & Security at Sea* (79)1. 14-20.
- Zoellick, J. C., Kuhlmeier, A., Schenk, L., Schindel, D., & Blüher, S. (2019). Amused, accepted, and used? Attitudes and emotions towards automated vehicles, their relationships, and predictive value for usage intention. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 65, 68-78. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2019.07.009>

Internetquellen

- Statista (2022). <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/215576/umfrage/durchschnittsalter-von-neuwagenkaeufnern/>
- SESAR 3 (2022). <https://www.sesarju.eu/sites/default/files/documents/reports/SESAR%203%20Multianual%20Workprogramme%202022-2031.pdf>
- Alstom (2022). <https://www.alstom.com/autonomous-mobility-future-rail-automated>

Impressum

Herausgeber



Kompetenznetzwerk
automatisierte und vernetzte
Mobilität

Steinbachstraße 7
52074 Aachen

Mail: info@innocam.nrw
Tel.: +49 241 80 26714

www.innocam.nrw

Aachen, Dezember 2022

Gefördert durch

Ministerium für Umwelt,
Naturschutz und Verkehr
des Landes Nordrhein-Westfalen

